# COMPTES RENDUS

## DES SÉANCES

# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

---

### SÉANCE DU LUNDI 23 JUILLET 1883.

PRÉSIDENCE DE M. É. BLANCHARD.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Rôle historique de la découverte de la soude artificielle extraite du sel marin;* par M. Dumas.

« La municipalité d'Issoudun a résolu de consacrer par un monument la mémoire d'un glorieux enfant de cette cité, Nicolas Leblanc, le créateur de l'industrie de la soude artificielle. On s'étonne parfois de voir multiplier de tels hommages; ne serait-il pas plus naturel de s'étonner qu'on oublie si souvent de les rendre à ceux qui les ont mérités, ou qu'on paye trop tard envers eux la dette du pays? En voyant à Avignon, par exemple, le petit édicule qui rappelle à la contrée la mémoire de l'introducteur de la garance, culture qui en fit la prospérité, comment ne pas éprouver un sentiment de mélancolie, en songeant que, du point élevé qu'il occupe, celui qu'on a placé à son sommet semble y être venu seulement pour assister à la disparition de cette plante détrônée par la Chimie !

» N'attendons pas qu'il en soit ainsi pour Nicolas Leblanc et, pendant que la soude artificielle, sa création, joue encore dans le monde un rôle prépondérant, n'hésitons pas à rendre à cette découverte les honneurs qui lui sont dus.

» L'Académie y est intéressée. Lorsque, il y a cent ans, le Gouvernement

français, ému des exigences de l'Espagne, en possession alors du commerce des soudes d'Alicante, de Carthagène et de Malaga, consulta nos prédécesseurs, pour savoir comment on pourrait remplacer ces produits, ils n'hésitèrent pas à proclamer qu'il fallait extraire l'alcali du sel marin. Un prix de douze mille francs fut mis au concours à ce sujet. Mais, lorsque N. Leblanc en eut réalisé les conditions, l'Académie n'existait plus : le Trésor en considérait les engagements comme non avenus; l'inventeur se voyait bientôt réduit à renoncer à ses droits comme breveté; à fermer son usine frappée de séquestre; à vivre péniblement dans le trouble ou même la misère, à se tuer enfin dans un accès de désespoir.

» Mais qu'avait donc fait de si important cet homme si maltraité par la fortune? Pour la plupart des gens, même les mieux élevés, que représente la soude artificielle? Rien sans doute, il faut en convenir. On étonnera même beaucoup les personnes qui n'ont pas examiné ces questions de près, si on leur apprend que les deux plus grandes nouveautés économiques du siècle sont la machine à vapeur et la soude artificielle; les deux inventeurs les plus féconds, J. Watt et N. Leblanc.

» Mais, tandis que les engins créés par l'un agissent à grand bruit dans toutes les usines, emportent au loin les trains de voyageurs et de marchandises sur les voies ferrées dont les continents sont sillonnés, ou guident sur les flots de la mer des navires de commerce et de guerre, c'est sans bruit que s'infiltrent dans tous nos ateliers, comme éléments indispensables ou comme agents auxiliaires du travail, les produits dérivés de la soude factice; c'est en silence qu'ils pénètrent dans toutes nos demeures comme objets directs ou indirects de consommation.

» S'il s'agissait d'ouvrir un concours et de reconnaître quel est celui des deux inventeurs, J. Watt ou N. Leblanc, dont l'influence a été la plus considérable dans l'accroissement du bien-être de l'espèce humaine, on pourrait hésiter. Toutes les améliorations touchant aux arts mécaniques dérivent, il est vrai, de l'usage de la machine à vapeur; mais tous les bienfaits se rattachant aux industries chimiques ont trouvé leur point de départ dans la fabrication de la soude extraite du sel marin.

» Comment une opération chimique unique a-t-elle été l'origine de si grands résultats? Au premier abord, on ne s'en rend pas compte. Il s'agit, en effet, simplement de la décomposition du sel marin par l'acide sulfurique pour le convertir en sulfate de soude et de la transformation de ce sulfate de soude en soude, par sa calcination avec un mélange de charbon et de craie; voilà tout!

» C'est vrai, mais il faut ajouter que le carbonate de soude provenant

de cette opération représente aujourd'hui, pour la consommation des deux mondes, une quantité qui s'élève à 7 ou 800 000 000 de kilogrammes, de telle sorte que la quantité de ce sel consommé par chacun de nous d'une manière inaperçue et sans que nous en ayons conscience atteint au moins la moitié, égale souvent même la totalité du poids de sel marin nécessaire à nos besoins.

» On peut juger par là de la masse énorme d'acide sulfurique mise en jeu par l'industrie de la soude, de la proportion considérable de soufre nécessaire à la production de cet acide, ainsi que de l'immense développement des vapeurs d'acide chlorhydrique mis en liberté par la décomposition du sel marin.

» Le premier résultat de la création des fabriques de soude a donc été non seulement de mettre à la disposition des savonneries, des verreries, des manufactures de glace, des blanchisseries de coton, de chanvre ou de lin, des papeteries, etc., l'alcali dont elles avaient besoin, mais aussi d'offrir à toutes les industries deux acides puissants : l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique, en quantités illimitées et à des prix fabuleusement réduits.

» Le second résultat fut de mettre à la disposition des fabriques de toile et des papeteries un nouveau produit dérivé de l'acide chlorhydrique, le chlorure de chaux, qui, pour le blanchiment rapide des tissus végétaux, a pris dès lors la place occupée autrefois par l'action lente de la lumière solaire et de l'air humide, c'est-à-dire, par l'exposition des toiles sur le pré.

» Ces quatre agents, un alcali puissant, deux acides énergiques, une poudre blanchissante que rien n'a remplacée, donnèrent un essor inconnu à l'industrie des produits chimiques; on fut bientôt amené à se demander s'il était bon de laisser ces fabriques de soude, si étroitement liées à la fortune publique, sous la dépendance des soufres fournis par la Sicile, dont un droit de sortie pouvait à chaque instant surélever le prix.

» L'oïdium étant intervenu, on fut bientôt décidé à chercher dans la pyrite de fer un soufre plus abondamment répandu à la surface de la terre, moins facile à monopoliser et susceptible d'être maintenu par la concurrence à un prix plus bas. Le problème pratique offrait des difficultés sérieuses; elles furent résolues, et la pyrite de fer, jusqu'alors presque sans usage, devint la base de la production de l'acide sulfurique, laissant le soufre de Sicile aux vignobles.

» Cependant, à mesure que les grandes fabriques de soude se développaient et luttaient entre elles en baissant leurs prix, on arrivait à des conséquences singulières. La soude, premier objet de la fabrication et

source unique de bénéfice, à une époque où on laissait l'acide chlorhydrique se perdre dans l'atmosphère, ne rapportant plus rien, il fallut chercher ailleurs des occasions de profit et l'on en trouva pendant quelque temps dans la fabrication et la vente du chlorure de chaux.

» Mais, la concurrence continuant ses effets, les besoins de la consommation étant satisfaits, au lieu de chercher des bénéfices nouveaux, on eut recours à des économies. La soude brute, lessivée pour en extraire le carbonate de soude, laissait des résidus contenant tout le soufre de l'acide sulfurique uni à la chaux. Ces résidus sulfurés gênaient tout le voisinage, infectaient les cours d'eau et les rives de la mer elle-même autour de Marseille. On apprit à régénérer le soufre qu'ils contenaient et à supprimer ainsi les inconvénients engendrés par l'accumulation autour des fabriques des résidus sulfurés du lessivage de la soude.

» La fabrication du chlore et celle du chlorure de chaux consommaient du peroxyde de manganèse et produisaient du chlorure de manganèse en grandes quantités. Le peroxyde de manganèse est un produit naturel d'une exploitation restreinte : exagérer sa consommation, c'est élever son prix. Le chlorure de manganèse stérilise les terres et infecte les cours d'eau; une production journalière considérable de ce produit crée mille difficultés au fabricant. On a réussi à régénérer le peroxyde de manganèse et à se débarrasser ainsi du chlorure de ce métal, dont l'évacuation motivait, à la fois, de justes plaintes et le payement d'indemnités croissant avec les exigences de la propriété mieux cultivée autour des usines.

» Cependant, la concurrence continuant son œuvre et les prix de vente se réduisant toujours, à mesure que les frais de fabrication diminuaient, on en est venu à chercher un bénéfice que la soude et le chlorure de chaux ne réalisaient plus, non dans des économies nouvelles, mais dans l'exploitation de minerais capables de fournir des produits marchands rémunérateurs. C'est ainsi qu'on a songé à brûler non plus des pyrites de fer pour produire l'acide sulfurique nécessaire, mais des pyrites cuivreuses, renfermant des métaux précieux, et à demander le profit du travail effectué au cuivre, à l'argent ou à l'or contenus dans leurs cendres.

» Cette lutte de l'industrie de la soude artificielle avec elle-même, il faut qu'elle la recommence aujourd'hui avec un redoublement d'énergie en présence d'un ennemi redoutable. Un procédé rival, fondé sur la décomposition du sel marin par l'ammoniaque en présence d'un excès d'acide carbonique, auquel deux de nos Confrères, MM. Rolland et Schlœsing, avaient autrefois donné l'essor, vient, depuis quelques années, de prendre

un développement menaçant. Les difficultés de tout ordre que présentait cette réaction, et en particulier l'art de préserver le fabricant des pertes d'ammoniaque, tout cela est devenu l'objet des études les plus délicates et a permis, en définitive, de retirer du sel marin le carbonate de soude le plus pur au prix le plus bas.

» Remarquons, cependant, combien il est heureux que ce procédé pour la fabrication de la soude artificielle ne soit pas venu au monde le premier et qu'il ait cédé le pas au procédé de N. Leblanc. L'industrie des produits chimiques serait encore à naître. L'industrie en général et en particulier toutes les manufactures qui exploitent les fibres végétales n'auraient pas eu à leur disposition et à bas prix l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique et le chlorure de chaux. Les pyrites de fer seraient demeurées sans emploi. Tous les produits usuels que l'acide sulfurique, cet agent universel, point de départ de toutes les transformations chimiques, a fait naître, le commerce en serait privé; l'agriculture elle-même ne connaîtrait probablement pas l'usage du phosphate acide de chaux qui lui rend de si grands services.

» Les fabriques de soude, fondées sur l'emploi du procédé de N. Leblanc, ont constitué les véritables écoles pratiques de l'industrie chimique moderne. Elles ont fourni à toutes leurs émules leurs agents, leurs procédés et leur méthode. Leur influence sur les pays civilisés a été incalculable, et c'est par milliards que s'expriment les satisfactions et le bien-être qu'ils en reçoivent chaque année.

» Quand on pénétrait, il y a cinquante ans, dans les fabriques de produits chimiques de la Grande-Bretagne et qu'on admirait leur puissance, dont nous n'avions aucune idée à cette époque dans notre pays, on répondait invariablement : « C'est pourtant à Leblanc, c'est à un chimiste français que nous devons cette prospérité qui vous étonne! » Il n'était pas rare de voir le nom de N. Leblanc inscrit dans une place d'honneur au milieu des ateliers et signalé de la sorte au respect des ouvriers. Les manufacturiers anglais actuels l'ont oublié peut-être, mais leurs pères, je l'atteste, professaient pour notre compatriote une reconnaissance et une vénération sans bornes. Ils le considéraient comme l'un des plus grands bienfaiteurs de leur pays, tant l'intervention du chlorure de chaux avait grandi le commerce des toiles de coton de l'Angleterre.

» L'essor donné à l'industrie de la soude dans les célèbres manufactures de Glasgow, de Liverpool, de Newcastle fut si considérable à cette époque, que l'augmentation de consommation du sel marin, qui en fut la conséquence, produisit une illusion dont les effets dureront longtemps

encore. Le Parlement venait de supprimer l'impôt du sel, sous prétexte de venir en aide à l'agriculture, et, sans y regarder d'assez près, on attribua l'accroissement considérable de la consommation du sel produit alors par sa conversion en soude à l'empressement avec lequel les agriculteurs auraient mis à profit le bénéfice de la suppression du droit.

» L'Académie a donc le droit de considérer la pensée qu'elle émettait il y a cent ans, et le prix qu'elle mettait au concours, comme dignes de prendre une place importante dans son Histoire. Quand elle signalait le sel marin comme une source inépuisable de soude, elle donnait d'avance une sanction à l'application du chlore pour le blanchiment des fibres végétales et à toutes les conséquences économiques de la création de la soude artificielle.

» Elle a déjà rendu justice à N. Leblanc pendant sa vie, en lui témoignant une sympathie qui ne se démentit jamais; plus tard, en mettant ses droits en évidence. Il ne m'appartient pas de parler en son nom en cette circonstance; qu'il me soit permis, cependant, de remercier, au milieu de mes confrères, la municipalité d'Issoudun pour son initiative.

» Partout où les industries chimiques sont en honneur, on voudra s'associer aux témoignages de reconnaissance et de respect dont la mémoire de N. Leblanc va devenir enfin l'objet dans sa ville natale. »

MÉCANIQUE TERRESTRE. — *Résistance vive ou dynamique des solides. Représentation graphique des lois du choc longitudinal, subi à une de ses extrémités par une tige ou barre prismatique assujettie à l'extrémité opposée.* Note de MM. DE SAINT-VENANT et FLAMANT (Suite) [1].

« En conséquence, le rapport $\frac{P}{Q} = r$ étant donné :

» 1° Si $r > 0,57895$, le choc se terminera, et il y aura séparation du corps heurtant et de la barre à l'instant $t$ ou pour la valeur de $\eta$ ou $\frac{\omega t}{a}$ qui annulera l'expression (16) de $-\partial_0$, ou pour laquelle (en abstrayant le facteur $e^{-r\eta}$ dont l'égalité à zéro ne donnerait qu'une racine $\eta = \infty$, hors de l'intervalle) on a

$$(22)\quad 1 + \left[2 - 2r\left(\frac{\omega t}{a} - 2\right)\right]e^{2r} = 0, \quad \text{d'où} \quad \frac{\omega t}{a} = 2 + \frac{1}{r}\left(1 + \frac{1}{2}e^{-2r}\right).$$

---

[1] *Comptes rendus*, séance du 16 juillet 1883.

» 2° Si $r = \frac{P}{Q}$ est entre 0,5786 et 0,2409, l'instant de la séparation s'obtiendra par la résolution de l'équation du second degré en $\eta - 4$ qu'on a en égalant à zéro l'expression (18), d'où l'on tire

$$(23)\quad \frac{\omega t}{a} = 4 + \frac{1}{2r}\left[3 + e^{-2r} - \sqrt{(3 + e^{-2r})^2 - 4(1 - 2r)e^{-2r} - 2e^{-4r} - 4}\right].$$

» 3° Si le rapport $r$ est entre 0,2409 et 0,136, on obtiendra l'instant $t = \frac{a}{\omega}\eta$ de la séparation en résolvant numériquement l'équation du troisième degré obtenue lorsqu'on égale à zéro l'expression (19) de $-\partial_0$, toujours débarrassée du facteur $\frac{V}{\omega} e^{-r\frac{\omega t}{a}}$, résolution qui se fera facilement et sûrement sans la développer.

» Nous avons ainsi trouvé

$$(24)\begin{cases} \text{que si } r = \frac{P}{Q} = \quad 1, \quad \frac{1}{2}, \quad \frac{1}{4}, \quad \frac{1}{6}, \\ \text{la séparation a lieu pour } \frac{\omega t}{a} = 3,06767;\ 4,70856;\ 5,89974;\ 7,41874. \end{cases}$$

» 5. *Loi (fig. 1) des dérivées $f'(\zeta)$. Leurs maxima et minima.* — Cette figure donne ainsi quatre épures représentant par des lignes brisées la loi des dérivées $f'(z)$ de la fonction arbitraire $f$ ou plutôt des produits $\frac{\omega}{V} f'(\zeta) = \mathrm{f}'(\eta) = \mathrm{f}'$, dans les quatre suppositions

$$r = \frac{P}{Q} = 1, \quad \frac{1}{2}, \quad \frac{1}{4}, \quad \frac{1}{6},$$

pour les trois premières desquelles, d'après le Tableau (21), le choc se termine entre $\omega t = 4a$ et $6a$, tandis que pour la dernière il ne se termine que quand $\omega t$ est $> 6a$.

» Leurs abscisses, comptées sur les quatre droites horizontales, sont les $\frac{\zeta}{a} = \eta$, à l'échelle de $0^{m},020$ pour $\eta = 1$. Les ordonnées des parties en lignes pleines sont, à la même échelle, les valeurs de

$$(1a')\qquad \mathrm{f}' = \mathrm{f}'(\eta) = \frac{\omega}{V}\frac{f'(\eta a)}{a} = \frac{\omega}{Va} f'(\zeta)$$

pour le *temps du choc*. Chacune se compose, comme on voit, de deux, trois ou quatre ... courbes séparées par des droites presque verticales ayant une hauteur $= 1$, et une base, ou projection horizontale $\varepsilon' = \frac{\varepsilon}{a}$, figu-

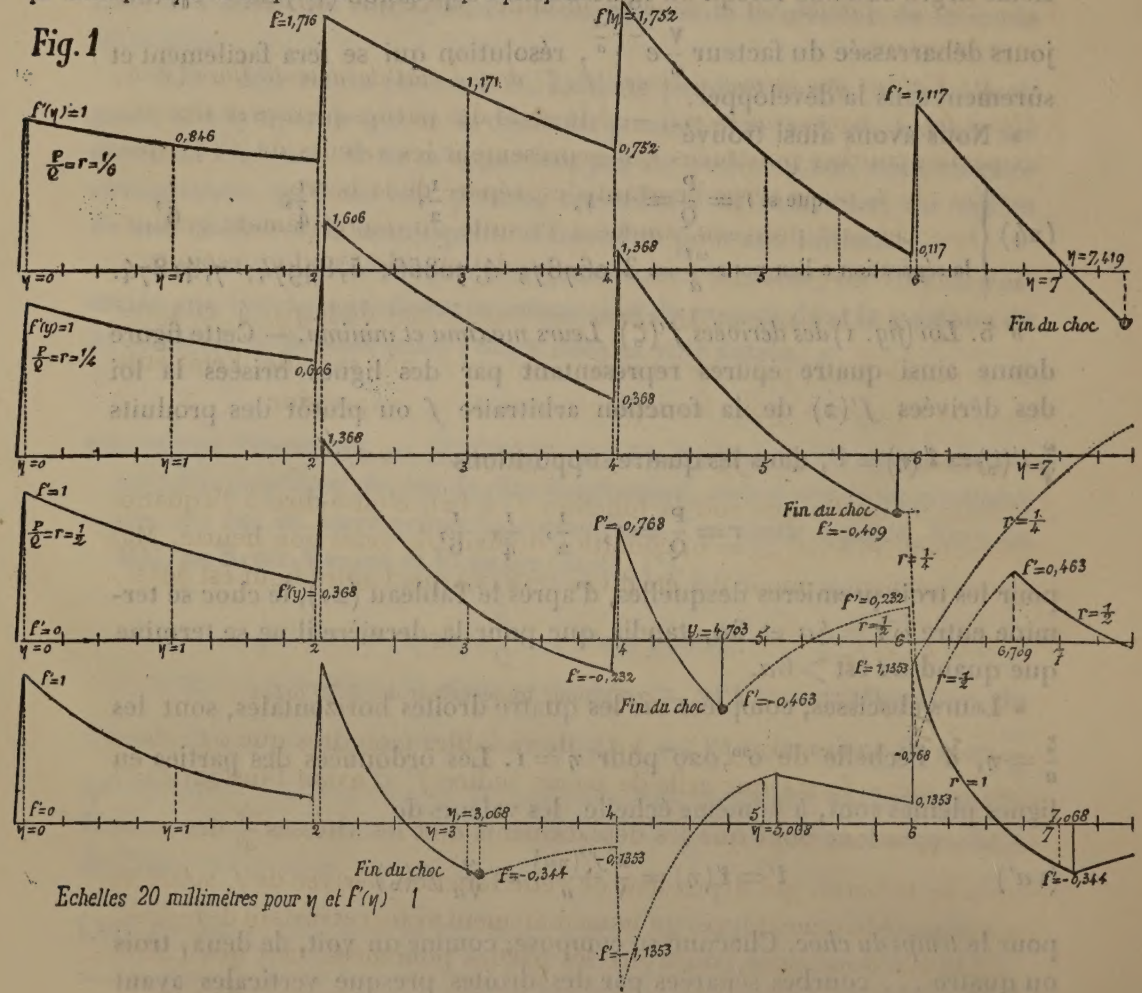
rant le temps imperceptible de l'acquisition initiale de la vitesse V par la tranche ayant reçu le choc.

La fonction $f'(\zeta) = \frac{V}{\omega} f'(\eta)$ a, ainsi,

des minima pour $\zeta = 0, \quad 2a, \quad 4a, \quad 6a,$ et, presque aussitôt, acquis,
des maxima pour $\zeta = \varepsilon, \quad 2a + \varepsilon, \quad 4a + \varepsilon, \quad 6a + \varepsilon, \quad \ldots$

Cette fonction dérivée varie, ainsi, graduellement et dans des temps

Loi des dérivées $f'(\zeta)$ Courbes brisées ayant pour abcisses les $\eta = \frac{\zeta}{a}$ et pour ordonnées les $f' = f'(\eta) = \frac{\omega}{V} f'(\zeta)$ qui varient périodiquement de 1 par bonds dans des temps imperceptibles




Echelles 20 millimètres pour $\eta$ et $f'(\eta)$ 1

$\frac{2a - \varepsilon}{\omega}$ entre chaque maximum et le minimum qui suivra, mais elle varie

brusquement ou par *bonds* égaux à $\frac{V}{\omega}$ pendant des temps imperceptibles $\frac{\varepsilon}{\omega}$, de chaque minimum au maximum qui suit.

» Parmi les maxima, il y en a un plus grand que les autres. C'est le second, ou celui qui répond à $\zeta = 2a + \varepsilon$, pour les lignes brisées des cas $\frac{P}{Q} = 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}$; et, pour la ligne brisée du cas $\frac{P}{Q} = \frac{1}{6}$, c'est le troisième, qui répond à $\zeta = 4a + \varepsilon$ (ou $\eta = 4 + \varepsilon'$). Ces divers maxima croissent depuis le premier jusqu'au plus grand et décroissent constamment ensuite jusqu'à celui qui précède l'instant, marqué par l'abscisse $\eta = \eta_1$ du bout de chaque ligne courbe pleine, où le choc se termine, parce que la barre quitte le corps heurtant.

» 6. *Valeurs des mêmes dérivées $f'(\zeta)$ dans l'état de détente libre* (*suite*). (*Même fig.* 1, *lignes ponctuées.*) — A la suite des parties pleines se trouvent des parties courbes ponctuées qui représentent les valeurs de $f'(\zeta)$ après l'instant $t = t_1$ où le corps heurtant s'est séparé de la barre.

» Dans cet état nouveau, amené à la suite du décroissement graduel, depuis son maximum jusqu'à son annulation, de l'action réciproque $-E\sigma\left(\frac{du}{dx}\right)_0$ de la barre et du corps, et (*voir* le bas de la *fig.* 4 ci-après) qui continue ainsi, par une transition douce et sans saccade, l'état antérieur, on a toujours, pour les déplacements de $u$, l'expression

$$(6 \text{ reproduit}) \qquad u = f(\omega t - x) - f(\omega t + x - 2a)$$

satisfaisant, quelle que soit la fonction $f$, à (2), c'est-à-dire à l'équation différentielle et à $(u)_{x=0} = 0$, condition de fixité du bout non heurté. Mais on a maintenant, comme il a été dit au n° 2, vu que l'autre bout est devenu libre, (5) $\left(\frac{du}{dx}\right)_{x=0} = 0$, d'où

$$(25) \qquad f'(\zeta) = -f'(\zeta - 2a) \text{ pour toute valeur de } \zeta > \omega t_1;$$

équation où la fonction $f'(\zeta - 2a)$, de variables moindres que $\omega t_1$, devra avoir la même forme que celle de même indice $f'$ d'avant l'instant $t = t_1$ de la séparation, pour que les déplacements $u$ et les vitesses $\frac{du}{dt}$ des divers points de la barre, qui dépendent de cette fonction dérivée de $f$, soient les mêmes immédiatement après qu'immédiatement avant cet instant de raccord.

» On n'a donc pour construire les parties ponctuées, tant que $\zeta - 2a$ n'excède pas $\omega t_1$, qu'à prendre pour les ordonnées $f'(\eta) = \frac{\omega}{V} f'(\zeta)$ des

grandeurs égales à celles qu'on avait dans la courbe pleine pour des abscisses $\eta = \frac{\zeta}{a}$ moindres de 2, mais portées avec un signe contraire ou dans un sens opposé.

» Puis, lorsque $\zeta - 2a$ devient $> \omega t_1$, qu'à prendre

$$f(\zeta - 2a) = -f'(\zeta - 4a), \quad \text{d'où} \quad f'(\zeta) = f'(\zeta - 4a),$$

et ainsi de suite.

» Il suit de là que $f'(\zeta)$ est une quantité périodique, de période $\frac{4a}{\omega}$ reprenant, après une demi-période $\frac{2a}{\omega}$ depuis la fin du choc, la suite des valeurs, avec même signe, qu'elle avait à des instants antérieurs de $\frac{4a}{\omega}$ dans la demi-période $\frac{2a}{\omega}$ avant ce même instant $t = t_1$. C'est ce qu'on voit sur les deux lignes brisées du bas de la même *fig.* 1, relatives aux cas $\frac{P}{Q} = 1$ et $\frac{P}{Q} = \frac{1}{2}$, pour leurs parties dont les abscisses dépassent 5,068 et 6,709, et que nous avons, depuis là, recommencé à tracer en traits pleins.

» La loi des dérivées $f'$ est, *analytiquement*, pour l'état de détente libre,

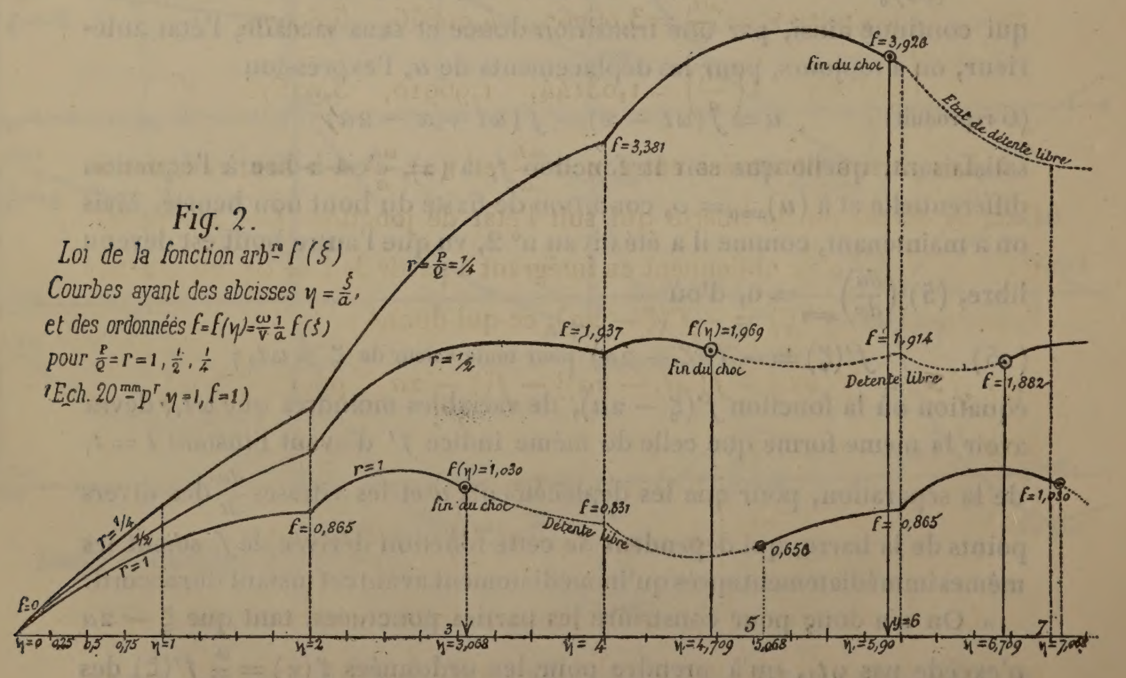



*Fig. 2.*
*Loi de la fonction arb.re f(ξ)*
*Courbes ayant des abcisses $\eta = \frac{\xi}{a}$,*
*et des ordonnées $f = f(\eta) = \frac{\omega}{V}\frac{1}{a}f(\xi)$*
*pour $\frac{P}{Q} = r = 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}$*
*(Éch. 20mm pr. η = 1, f = 1)*

sujette aux mêmes bonds que pour l'état de jonction avec la masse heur-

tante. Mais, on le conçoit, dans la réalité, de pareilles angulosités s'arrondissent de plus en plus par diverses causes dont l'analyse ne tient pas compte, telles que la déperdition graduelle de l'énergie vibratoire en raison de l'imparfaite fixité de l'extrémité $x = a$, etc.

» 7. *Loi (fig. 2) de la fonction arbitraire $f(\zeta)$ elle-même.* — La *fig.* 2 représente cette loi au moyen de trois courbes ayant pour ordonnées les valeurs de $\mathfrak{f}(\eta) = \frac{\omega}{V}\frac{f(\zeta)}{a}$ et pour abscisses celles de $\eta = \frac{\zeta}{a}$. Ces trois courbes répondent aux valeurs du rapport $r = \frac{P}{Q} = 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}$. Elles sont continues, c'est-à-dire sans sauts brusques, mais elles ont des *brisures* ou jarrets prononcés aux points d'abscisses $\zeta = 2a, 4a, 6a$, ou $\eta = 2, 4, 6, \ldots$ où leurs dérivées $f'$ (n° 5) varient brusquement. Leurs abscisses, comme leurs ordonnées, sont à l'échelle de $20^{mm}$ pour 1.

» Les parties en traits pleins sont relatives aux *temps du choc* ou du contact et de l'action réciproque du corps heurtant et de la barre, temps qui se terminent, avons-nous dit, respectivement :

$$(26)\quad\left\{\begin{array}{llll} \text{Pour} & r = 1, & r = \frac{1}{2}, & r = \frac{1}{4}: \\ \text{aux points } \eta_1 = \frac{\omega t_1}{a} = & 3{,}06767, & 4{,}70856, & 5{,}89974, \\ \text{où l'on a } \mathfrak{f}\left(\frac{\omega t_1}{a}\right) = & 1{,}03144, & 1{,}96910, & 3{,}92576. \end{array}\right.$$

» Les parties ponctuées entre $\eta = \frac{\omega t_1}{a}$ et $\eta = \frac{\omega t_1}{a} + 2$ sont relatives à l'*état de détente* ou de liberté qui suit l'état de jonction. Les ordonnées $\mathfrak{f}(\eta) = \frac{\omega}{V}\frac{f(a\eta)}{a}$ s'en obtiennent en intégrant à partir de $\zeta = \omega t_1$ ou $\eta = \eta_1$ l'équation (25) $f'(\zeta) = -f'(\zeta - 2a)$, ce qui donne

$$(27)\quad f(\zeta) = [f(\omega t_1) + f(\omega t_1 - 2a)] - f(\zeta - 2a) \quad \text{pour} \quad \zeta > \omega t_1,$$

d'où

$$(28)\qquad \text{Pour } \eta > \eta_1 \left\{\begin{array}{l} \mathfrak{f}(\eta) = C_1 - \mathfrak{f}(\eta - 2), \\ \text{en faisant } C_1 = \mathfrak{f}\left(\frac{\omega t_1}{a}\right) + \mathfrak{f}\left(\frac{\omega t_1}{a} - 2\right). \end{array}\right.$$

» Le premier terme $\mathfrak{f}\left(\frac{\omega t_1}{a}\right)$ de l'expression de la constante $C_1$ est donné par (26); le second l'est par le calcul qui a été fait des ordonnées de la

partie de courbe représentant les états antérieurs à la fin du choc. D'où

$$(29)\quad \begin{cases} C_1 = \left[f\left(\frac{\omega t_1}{a}\right) + f\left(\frac{\omega t_1}{a} - 2\right)\right] = 1{,}68763, \quad 3{,}85056, \quad 7{,}26752, \\ \qquad \text{pour} \quad r = 1, \qquad \frac{1}{2}, \qquad \frac{1}{4}. \end{cases}$$

» Le dernier terme de (27) ou de (28) est aussi donné, pour $\eta$ entre $\frac{\omega t_1}{a}$ et $\frac{\omega t_1}{a} + 2$, comme une des ordonnées de la même partie de l'état antérieur.

» Si l'on veut prolonger ces courbes au delà de $\eta = \frac{\omega t_1}{a} + 2$, il faut, dans l'expression (28) de $f(\eta)$, mettre $C_1 - f(\eta - 4)$ au lieu de $f(\eta - 2)$. La constante $C_1$ disparaît alors comme constituant deux termes qui se détruisent, et il reste simplement

$$(30)\qquad f(\eta) = f(\eta - 4) \quad \text{quand} \quad \eta > \frac{\omega t_1}{a} + 2.$$

» Le second membre, vu qu'alors $\eta - 4 < \frac{\omega t_1}{a}$ est connu par les calculs faits pour $\eta < \frac{\omega t_1}{a}$ ou $t < t_1$. Aussi nous avons tracé en traits pleins cette partie qui se reproduit indéfiniment après des périodes de $4a$ pour $\omega t$ ou de $4$ pour $\frac{\omega t}{a}$.

» 8. *Loi des déplacements $u$ des divers points de la barre.* — La *fig.* 3 donne, pour cette loi plus importante, exprimée généralement en $u$ et $t$ par l'équation (6), ou

$$(31)\qquad u = f(\omega t - x) - f(\omega t + x - 2a),$$

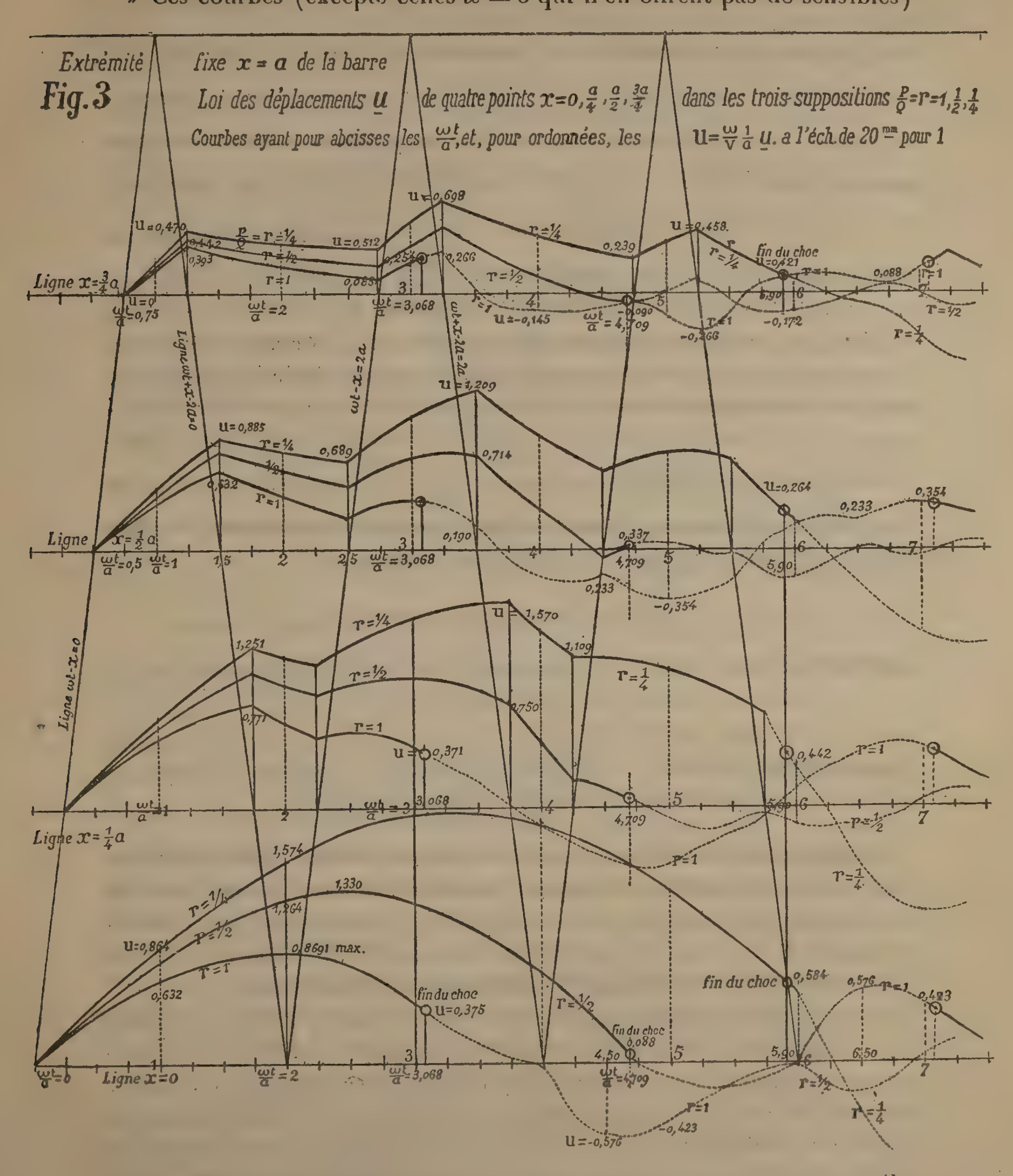
une suite de courbes qui, pour pouvoir convenir à toutes les valeurs de $\omega$, $V$, $a$, ont été construites en prenant pour ordonnées, au lieu de $u$, ses produits par $\frac{\omega}{Va}$, et pour abscisses les produits de $t$ par $\frac{\omega}{V}$, en sorte que $f(\eta)$ étant ($1a'$) une abréviation de $\frac{\omega}{Va} f(a\eta)$, ces courbes ont pour équation

$$(32)\qquad \frac{\omega}{V}\frac{u}{a} = f\left(\frac{\omega t_1}{a} - \frac{x}{a}\right) - f\left(\frac{\omega t}{a} + \frac{x}{a} - 2\right).$$

» Elles sont tracées à l'échelle de $0^m{,}020$, tant pour les abscisses $\frac{\omega t}{a} = 1$ que pour les ordonnées $\frac{\omega}{V}\frac{u}{a} = 1$. Elles s'appliquent aux quatre points

$$x = 0, \quad \frac{1}{4}a, \quad \frac{1}{2}a, \quad \frac{3}{4}a.$$

» Ces courbes (excepté celles $x = o$ qui n'en offrent pas de sensibles)




ont des brisures en plus grand nombre et autrement situées que les

courbes $f(\zeta)$ de la *fig.* 2; car il y en a nécessairement à tous les points où soit $\omega t - x$ soit $\omega t + x - 2a$ est un multiple de $2a$.

» Les pieds des ordonnées de ces points de brisures sur les lignes horizontales d'abscisses marquées $x = \frac{1}{4}a, \frac{1}{2}a, \frac{3}{4}a$, se trouvent, ainsi, aux rencontres de ces trois horizontales avec les obliques joignant en deux sens opposés les points $\frac{\omega t}{a} = 0, 2, 4, \ldots$ de l'horizontale $x = 0$ du bas, avec ceux $\frac{\omega t}{a} = 1, 3, 5, \ldots$ d'une horizontale $x = a$ tracée au haut. Celles de ces obliques qui montent de gauche à droite ont, en effet, pour équations $\omega t - x = 0, 2a, 4a, \ldots$ et celles qui descendent ont $\omega t + x - 2a = 0, 2a, 4a, \ldots$. Ces lignes obliques figurent, en $x$ et $t$, la marche de l'onde d'ébranlement, tant directe que réfléchie aux extrémités de la barre, ou ce que parcourrait la tête de cette onde, si (comme on l'a supposé pour les diagrammes du Mémoire de 1866-67) la barre vibrante était emportée perpendiculairement à sa longueur avec une vitesse $\frac{\omega}{a}$. Cela montre bien que les *bonds* et les *brisures* sont déterminés *par le passage de cette onde;* et cela donne une raison sensible du binôme et du trinôme

$$\omega t - x \quad \text{et} \quad \omega t + x - 2a$$

que M. Boussinesq a fait figurer dans ses formules de déplacements, etc. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Mode de répartition de la chaleur développée par l'action du forgeage.* Note de M. TRESCA.

« Dans la séance du 8 juin 1874, nous avons présenté quelques considérations sur le réchauffement par bandes lumineuses d'une barre de platine pendant le forgeage, et nous avons fait connaître les raisons principales qui rendaient ce métal particulièrement propre à la constatation des phénomènes calorifiques qu'avait présentés notre observation.

» Cette observation ne pouvait rester isolée, et, depuis cette époque, déjà fort éloignée, nous n'avons cessé de chercher à reproduire sur d'autres métaux des phénomènes de même ordre qui pussent nous permettre d'indiquer avec quelque certitude le mode de répartition de la chaleur développée par des actions analogues.

» On sait depuis longtemps que ces actions échauffent le métal : l'opé-

ration du platinage de l'acier permet à elle seule de l'amener au rouge, le sciage des rails sortant du laminoir donne lieu à une élévation très visible de leur température, mais on n'avait point, que je sache, cherché jusqu'à présent à déterminer le point précis du plus grand échauffement, ni le mode de répartition de la chaleur, pendant la déformation et entre les différentes parties déformées. C'est là le but que nous nous sommes proposé d'atteindre, et les indications qui suivent montreront dans quelle mesure nous y avons réussi.

» Après beaucoup de tentatives infructueuses, nous nous sommes arrêté au procédé suivant, qui ne nous a jamais fait défaut et qui utilise dans un but spécial le mode d'observation inauguré par Senarmont pour l'étude de la conductibilité.

» La barre à forger était soigneusement polie sur ses faces latérales, et enduite d'une couche mince de cire sur cette partie polie.

» La barre ainsi préparée était portée sous un mouton de poids connu P, que l'on relevait jusqu'à une hauteur H, où il se déclanchait automatiquement, de manière à dépenser sur la barre toute la quantité de travail $T = PH$, entre les deux pannes absolument identiques du mouton et de l'enclume.

» Un seul choc suffisait pour fondre la cire sur une certaine zone et limiter ainsi, avec une grande netteté, la partie des faces latérales qui avait été portée, pendant le choc, à la température de fusion de la cire.

» Généralement, la zone de fusion imite l'espace compris entre les deux branches d'une hyperbole équilatère, mais on peut graduer la chute de manière à restreindre cette zone, qui prend alors des formes, toujours symétriques, sur lesquelles nous insisterons dans un moment.

» Si A est l'aire de cette zone, $b$ la largeur de la barre, $\delta$ la densité du métal, C sa capacité pour la chaleur et enfin $t - t_0$ l'excès de la température de fusion de la cire sur la température ambiante, on voit immédiatement que, si l'on considère l'aire A comme la base d'un prisme horizontal porté dans toutes ses portions et dans toute la largeur de la barre à la température $t$, l'effet calorifique produit aura pour expression

$$Ab \times \delta \times C(t - t_0)$$

et, en multipliant cette quantité de chaleur développée par 425, on aurait pour valeur de son équivalent en travail

$$T' = 425 Ab\delta C(t - t_0).$$

» En comparant T′ à T, on peut considérer l'ensemble de l'expérience comme une opération mécanique ayant au minimum pour rendement

$$\frac{T'}{T} = \frac{425}{PH} A b \delta C (t - t_0),$$

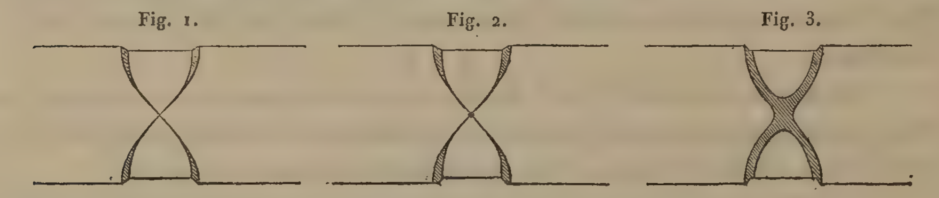
et ce coefficient de rendement a pu être déduit des données numériques de chacune des expériences faites, au nombre de plusieurs centaines, dans des conditions déjà très variées.

» Nous discuterons successivement les résultats de ces expériences au point de vue de la forme des aires de fusion et du rendement mécanique de l'opération.

» *Dispositions géométriques des aires de fusion.* — En nous bornant, dans cette Communication, aux effets produits par des pannes à vives arêtes, nous pouvons suivre les développements que présentent les surfaces de fusion à mesure que le travail moteur augmente.

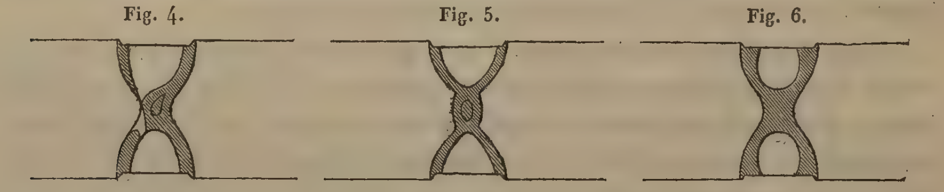
» Dans tous les cas la fusion se produit sur tout le bord de la rainure déterminée par la panne, mais il faut que le travail moteur atteigne une cer-

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.



taine valeur pour qu'on puisse apercevoir un point de cire fondue au centre de la partie comprimée. Quand le travail augmente, ce centre, en s'élargis-

Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.



sant, se relie d'une manière continue avec le bord, en forme de bande régulière qui s'étend progressivement, de manière à former une sorte de figure étoilée, très régulière et à quatre bras; pour un travail plus grand encore, les espaces compris entre ces bras sont définis par des courbes qui tournent leur concavité vers le centre, et enfin les courbes latérales seules persistent lorsque le travail est plus grand encore, toutes les superficies qu'elles comprennent alors ayant été portées à la température $t$.

» Si l'on se rappelle le mode de déformation des différentes parties d'une barre forgée par des pannes à vives arêtes, on est frappé de l'analogie que présentent les deux ordres de phénomènes. Ce sont les zones de plus grand glissement qui se trouvent être les zones de plus grand développement de chaleur, et les figures, dessinées d'après les échantillons, ne laissent aucun doute sur la corrélation de ces deux effets, pour ainsi dire inséparables dans toutes les déformations des corps solides. L'un des effets accompagne constamment l'autre, et nous pensons qu'il n'avait été, jusqu'à présent, donné aucune image aussi probante de la localisation simultanée de ces deux effets.

» Nous laissons de côté, en ce moment, les confirmations que nous pourrions trouver cependant dans les grandes opérations industrielles, sauf à y revenir d'une manière tout à fait spéciale en les considérant alors dans leur ensemble.

» *Rendement mécanique du forgeage.* — C'est surtout dans les aires non évidées que nous avions quelque possibilité de faire le calcul indiqué ci-dessus. La dissémination de la chaleur devant être facilitée dans l'intérieur de la barre par la conductibilité même du métal, et la chaleur produite ne se manifestant que là où la température a atteint le point de fusion, le mode de calcul ne peut donner qu'une évaluation fort amoindrie de la quantité de chaleur développée, une partie du travail étant d'ailleurs employée à produire des ébranlements et l'échauffement même des points de la panne qui produisent le choc.

» Aussi avons-nous été fort étonné de voir souvent le rendement s'élever jusqu'à 80 pour 100; il est sensiblement moindre avec les métaux les plus conducteurs, ce qui s'explique facilement en ce que la dissémination de la chaleur par le métal de la barre se trouve nécessairement retardée.

» Nous donnerons comme exemples quelques-unes seulement de nos déterminations, en faisant remarquer que c'est surtout dans les expériences avec pannes arrondies que les rendements sont notablement plus faibles avec le cuivre qu'avec le fer.

» Pour les réductions inscrites au Tableau suivant, il suffit de faire remarquer que, pour le fer, le produit

$$\delta C \times 425 = 7,8 \times 0,0001058 \times 425 = 0,351$$

et, pour le cuivre, 0,323.

*Fer. — Pannes à arêtes vives. Surfaces de fusion pleines.*

| Travail du mouton. | Aire de fusion. | Largeur de la barre. | Volume calculé. | Excès de la températ. | Produit. | Travail recueilli en chaleur. | Rendement. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kgm | cq | c | cc | | | | |
| 40 .......... | 1,00 | 1,5 | 1,50 | 52 | 78,00 | 27,37 | 0,684 |
| 45 .......... | 1,05 | 1,5 | 1,58 | 52 | 82,16 | 28,84 | 0,641 |
| 59 .......... | 1,28 | 1,7 | 2,18 | 53 | 115,54 | 40,55 | 0,687 |
| 80 .......... | 1,45 | 2,5 | 3,63 | 52 | 183,56 | 64,40 | 0,805 |
| 90 .......... | 1,65 | 2,5 | 4,12 | 52 | 214,24 | 75,20 | 0,836 |
| 90 .......... | 1,50 | 2,5 | 3,75 | 52 | 195,00 | 68,45 | 0,761 |
| 110 .......... | 1,98 | 2,5 | 4,75 | 52 | 257,40 | 90,35 | 0,821 |

*Cuivre. — Pannes à arêtes vives. Surfaces de fusion pleines.*

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 45 .......... | 0,95 | 2,0 | 1,90 | 52 | 98,10 | 31,66 | 0,704 |
| 60 .......... | 1,00 | 2,5 | 2,50 | 52 | 130,00 | 41,99 | 0,700 |
| 70 .......... | 1,50 | 2,0 | 3,00 | 52 | 156,00 | 50,39 | 0,720 |

» L'utilisation apparente diminue sensiblement lorsque les actions mécaniques sont moins énergiques, ou lorsque la barre forgée est de plus petite section. C'est là évidemment un effet de la dissémination de la chaleur, tant par les surfaces libres que par conductibilité.

» Puisque nous avons pu recueillir ainsi dans la barre forgée la plus grande partie de la chaleur dégagée, il faut en conclure que ce n'est pas le choc en lui-même, mais les déformations qu'il produit, qui sont la cause immédiate de ce dégagement. Nous pourrions ajouter que le chiffre élevé du rendement tendrait à faire croire que la chaleur interne est très faible dans ces sortes d'actions; s'il s'agissait d'un métal tel que le plomb, dont le volume ne varie pas sensiblement par l'influence des actions mécaniques auxquelles il peut être soumis, et dont l'état moléculaire ne semble pas s'être modifié, la chaleur interne serait rigoureusement nulle, et l'on doit croire que la même conclusion est applicable, par voie d'approximation, aux petites déformations que nous pouvons faire subir aux métaux les plus malléables.

» Lorsque la surface de fusion, au lieu d'être pleine, se compose de jambages plus ou moins réunis au centre, on ne peut plus supposer que la distribution de la chaleur est la même à la surface de la barre et dans son épaisseur; cependant nous avons calculé la quantité de chaleur correspondant à la figure extérieure de la cire fondue, d'une part, en considé-

rant l'aire comme pleine, sans tenir compte des parties évidées, et, d'autre part, en ne comptant que la véritable aire de fusion.

» Nous donnerons le Tableau de quelques-unes des évaluations ainsi calculées; mais, en appelant surtout l'attention sur les dernières expériences du mois de mai 1881, auxquelles appartiennent les figures reproduites ci-dessus, et pour lesquelles notre installation de la chute automatique du mouton était entièrement achevée.

*Fer. — Pannes à arêtes vives. Surfaces de fusion évidées.*

| Travail du mouton. | Aire de fusion extérieure. | Aire de fusion réelle. | Épaisseur de la barre. | Volume calculé. | Excès de la tempér. | Produit. | Travail recueilli en chaleur. | Rendement déduit de l'aire extérieure. | Rendement déduit de l'aire réelle. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kgm | cq | | c | cc | | | | | |
| 25...... | 1,05 | | 1,50 | 1,57 | 50 | 78,50 | 27,55 | 1,020 | |
| | | 0,50 | | 0,75 | | 37,50 | | 0,877 | 0,526 |
| 30...... | 1,00 | | 1,50 | 1,50 | 50 | 75,00 | 26,32 | 0,877 | |
| | | 0,55 | | 0,87 | | 43,50 | 15,26 | | 0,505 |
| 35...... | 1,00 | | 1,50 | 1,50 | 50 | 75,00 | 26,32 | 0,752 | |
| | | 0,60 | | 0,90 | | 45,00 | 15,80 | | 0,451 |
| 40...... | 0,90 | | 1,50 | 1,35 | 50 | 62,51 | 21,94 | 0,548 | |
| | | 0,70 | | 1,05 | | 52,50 | 18,43 | | 0,461 |
| 45...... | 1,10 | | 1,60 | 1,76 | 52 | 91,52 | 31,98 | 0,711 | |
| | | 0,55 | | 0,88 | | 45,76 | 15,99 | | 0,355 |
| 85...... | 1,40 | | 2,40 | 3,36 | 50 | 168,00 | 58,97 | 0,694 | |
| | | 0,70 | | 1,68 | | 84,00 | 29,48 | | 0,347 |

*Cuivre. — Pannes à arêtes vives. Surfaces de fusion évidées.*

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 60...... | 1,20 | | 2,00 | 2,40 | 52 | 124,80 | 40,31 | 0,692 | |
| | | 0,55 | | 1,10 | | 57,20 | 12,17 | | 0,303 |

*Fer. — Pannes à arêtes vives. Surfaces de fusion évidées.*

| Travail du mouton. | Aire de fusion extér. | Aire de fusion réelle. | Largeur de la barre. | Volume calculé. | Excès de la température. | Produit. | Travail recueilli en chaleur. | Rendement déduit de l'aire extér. | Rendement déduit de l'aire réelle. | Forme de l'aire de fusion. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kgm | cq | | c | cc | | | | | | |
| 20,75 | 1,00 | | 1,80 | 1,80 | 45 | 81,00 | 28,43 | 1,370 | | *fig.* 1 |
| | | 0,10 | | 0,18 | | 8,10 | 2,84 | | 0,137 | |
| 30,75 | 1,05 | | 1,80 | 1,89 | 45 | 85,05 | 29,85 | 0,971 | | *fig.* 2 |
| | | 0,19 | | 0,34 | | 15,30 | 5,37 | | 0,174 | |
| 40,75 | 1,00 | | 1,80 | 1,80 | 45 | 81,00 | 28,43 | 0,698 | | *fig.* 3 |
| | | 0,32 | | 0,58 | | 26,00 | 9,13 | | 0,224 | |
| 50,75 | 1,30 | | 1,80 | 2,04 | 45 | 91,80 | 32,22 | 0,636 | | *fig.* 4 |
| | | 0,65 | | 1,17 | | 52,65 | 18,18 | | 0,358 | |

| Travail du mouton. | Aire de fusion extér. | Aire de fusion réelle. | Largeur de la barre. | Volume calculé. | Excès de la tempé-rature. | Produit. | Travail recueilli en chaleur. | Rendement déduit de l'aire extér. | Rendement déduit de l'aire réelle. | Forme de l'aire de fusion. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kgm | cq | | c | cc | | | | | | |
| 60,75 | 1,10 | | 1,80 | 1,99 | 45 | 89,55 | 31,33 | 0,515 | | *fig.* 5 |
| | | 0,44 | | 1,23 | | 55,35 | 19,42 | | 0,320 | |
| 70,00 | 1,30 | | 1,80 | 2,34 | 45 | 105,30 | 37,46 | 0,535 | | *fig.* 6 |
| | | 0,82 | | 1,48 | | 66,60 | 23,78 | | 0,340 | |
| 80,00 | 1,50 | | 1,80 | 2,70 | 45 | 121,50 | 42,65 | 0,533 | | X évidé |
| | | 0,98 | | 1,74 | | 78,73 | 27,63 | | 0,666 | |

» *Conclusions.* — D'après les indications qui précèdent, on est en droit de conclure :

» 1° Que le développement de chaleur résultant du forgeage dépend de la forme des pannes et de l'intensité des chocs;

» 2° Que, pour des pannes à arêtes vives, le procédé que nous avons employé permet de mettre ce développement en évidence, plus particulièrement au voisinage des arêtes des pannes et au centre de la barre forgée ;

» 3° Que ces points correspondent au plus grand glissement de la matière, et que ce glissement est bien réellement le phénomène mécanique qui donne lieu au phénomène calorifique;

» 4° Que, pour des actions suffisamment énergiques et pour des barres de dimensions suffisantes, on retrouve ainsi en chaleur les $\frac{8}{10}$ environ du travail dépensé dans la percussion;

» 5° Que les figures formées par la cire fondue, pour des chocs de moindre intensité, fournissent une sorte de diagramme du mode de répartition de la chaleur et du mode de déformation à l'intérieur de la barre;

» 6° Que, dans ces conditions de moindre choc, le calcul du coefficient de rendement ne conduit plus qu'à des résultats tout à fait insuffisants.

» La même étude, conduisant à des conclusions analogues, a été faite avec des pannes arrondies; le rendement reste à peu près le même, mais le mode de répartition de la chaleur est essentiellement différent. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur un appareil propre à l'étude des mouvements du sol.* Note de M. C. **Wolf.**

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie l'appareil qui va être installé à l'Observatoire, pour l'étude des oscillations du sol et des déviations de la verticale. Avant d'enterrer cet appareil dans nos caves, à $27^{m}$ de profon-

deur, j'ai pensé que l'Académie le verrait avec intérêt, et qu'il y avait utilité à le soumettre à l'examen de nos savants Confrères. J'essayerai en même temps de bien définir les résultats que peuvent donner de semblables appareils.

» L'idée d'étudier les déviations de la verticale n'est pas nouvelle à l'Observatoire. Déjà en 1871, M. Delaunay avait installé dans ce but un instrument d'une extrême délicatesse. Dans le puits qui s'ouvre au milieu de la terrasse du sud, était suspendu un fil à plomb d'environ $30^{m}$ de long, dont le poids portait un miroir vertical. Ce poids était muni à sa partie inférieure d'une ailette, butant contre une pointe fixe en un point situé très près de l'axe de suspension. Dès lors toute déviation du fil à plomb dans un plan perpendiculaire à celui de l'ailette se traduisait par une rotation, que l'on mesurait en visant une échelle fixe par réflexion dans le miroir. La longueur du fil étant de $30^{m}$, si la distance de la pointe à l'axe était de $0^{m},01$, une déviation de la verticale se traduisait par une rotation 3000 fois plus grande. C'est, on le voit, le même principe que MM. G. et H. Darwin ont appliqué, sous une forme un peu différente, dans leur appareil installé au laboratoire de Cavendish, à Cambridge.

» Mais les observations furent rendues impossibles par une circonstance que l'on n'avait pas prévue. Dans ce puits vertical de $30^{m}$ de profondeur, la température, constante à la partie inférieure, était sans cesse variable de bas en haut, tantôt plus élevée, tantôt plus basse dans les couches supérieures, suivant les saisons. De là résultait une rotation du fil de suspension, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, qui ne put jamais être annulée.

» La variation de la température dans un puits vertical intervient également dans les observations faites par réflexion sur un bain de mercure. Il en résulte d'abord un trouble et même un déplacement accidentel de l'image; en second lieu, la fixité du microscope d'observation par rapport à l'objectif ne peut être affirmée.

» J'ai cherché à éviter ce double inconvénient dans l'appareil des caves : 1° j'ai rendu horizontal le faisceau de lumière qui se réfléchit sur le mercure; un couloir de trente et quelques mètres de long m'assurait une ligne de visée où ce faisceau traverserait des couches horizontales absolument tranquilles et à température constante; 2° j'ai transformé les mesures absolues des positions de l'image en mesures différentielles; c'est ce caractère d'appareil différentiel qui me paraît constituer l'originalité du nouvel instrument.

» Au-dessus du bain de mercure et invariablement fixé à la cuvette qui le contient, est un prisme creux de fonte de fer, dont la face hypoténuse, inclinée à 45°, porte un miroir plan en verre argenté, et la face verticale un objectif simple de $24^{cm}$ de diamètre et de $30^{m}$ environ de foyer. Les faces de cet objectif sont taillées de manière à donner l'aberration minima pour la lumière jaune. Un petit trou percé dans une plaque métallique, placée à $30^{m}$, envoie sur l'objectif un faisceau de lumière jaune monochromatique qui, après deux réflexions sur le miroir argenté et sur le mercure, revient au point de départ former une image qu'on observe avec un microscope de très faible pouvoir amplifiant.

» L'appareil ne diffère jusqu'ici de la nadirane de M. d'Abbadie qu'en ce que la réflexion s'y fait horizontalement. Reste à le transformer en appareil différentiel. A cet effet, le centre de la cuvette à mercure porte un support plan de $14^{cm}$ de diamètre, sur lequel repose un miroir plan en verre argenté de même diamètre. Le microscope voit donc deux images du même point lumineux, l'une réfléchie sur le mercure, l'autre réfléchie sur le miroir argenté. Ce sont les déplacements relatifs de ces deux images qu'on mesure à l'aide d'un micromètre à deux vis rectangulaires.

» Je prends pour axe des $z$ la droite qui joint, à l'origine du temps, le centre optique du grand objectif au centre optique de l'objectif du microscope; l'axe du microscope coïncide à l'origine avec cette droite. Le plan perpendiculaire est le plan vertical qui contient, à l'origine, la normale commune au miroir horizontal et au mercure. Cette normale sera l'axe des $x$, l'horizontale du plan l'axe des $y$. Les $x$ seront comptés positivement de bas en haut, les $y$ de l'ouest vers l'est, les $z$ positifs du nord vers le sud. L'axe des $z$ est à peu près dans le méridien.

» Le point lumineux coïncide avec le centre optique de l'objectif du microscope, ou lui est invariablement lié.

» Un déplacement quelconque de ce point, ou plus exactement une translation parallèle de l'axe du microscope, se décompose suivant les trois axes. La composante suivant l'axe des $z$ a pour effet un dépointement du microscope; ce dépointement est absolument insensible, une fraction de millimètre sur $30^{m}$.

» Les deux autres composantes $\delta x$ et $\delta y$ produisent des déplacements $-\delta x$ et $-\delta y$ communs aux deux images et n'en changent pas la position relative.

» Une rotation du microscope autour d'un point quelconque se décompose en un déplacement parallèle de l'axe et une rotation de cet axe

autour du centre optique de l'objectif. Les déplacements qui en résultent sont encore communs aux deux images. Il en est de même de tout déplacement parallèle de l'appareil réflecteur. Ces déplacements ou rotations n'interviennent donc pas dans le résultat des mesures. Si les deux images étaient superposées, elles restent superposées malgré les déplacements relatifs des deux parties de l'appareil et la rotation du microscope.

» Considérons maintenant les rotations de l'appareil réflecteur. J'admets que les positions relatives des deux miroirs et de l'objectif sont invariables : cela résulte de la constance de la température. Une rotation quelconque de l'appareil se décompose en trois rotations autour des trois axes. La rotation autour de l'axe vertical déplace simultanément les deux images : il n'y a pas à en tenir compte.

» Une rotation $\alpha$ autour de l'axe des $y$, positive quand elle se produit des $x$ positifs vers les $z$ positifs, produit une rotation $2\alpha$ du faisceau réfléchi sur le petit miroir argenté et une rotation $4\alpha$ du faisceau réfléchi sur le mercure. Le déplacement relatif des deux images est donc

$$F \tan g 4\alpha - F \tan g 2\alpha \quad \text{ou} \quad F 2\alpha \tan g 1''.$$

» Une rotation $\beta$ autour de l'axe des $z$ ne produit aucun déplacement de l'image réfléchie par le miroir argenté, mais elle dévie d'un angle $2\beta$ le faisceau réfléchi sur le mercure, en le laissant dans le plan horizontal à un infiniment petit près du deuxième ordre. Le déplacement relatif des deux images est donc $F \tan g 2\beta$ dans le plan des $zy$.

» Supposons maintenant une déviation de la verticale. On la décomposera de même en trois. La rotation autour de l'axe des $x$ reste sans effet. La rotation $\alpha$ autour de l'axe des $y$ déplace l'image mercurielle de $F \tan g 2\alpha$ dans le plan des $zx$. Enfin la rotation $\beta$ autour de l'axe des $z$ déplace cette image de l'angle $2\beta$ dans le plan des $zy$.

» Cette discussion fait voir :

» 1° Que la fixité relative du microscope et de l'appareil réflecteur est rendue superflue : on pourrait à la rigueur tenir à la main le point lumineux et le microscope invariablement fixés l'un à l'autre ;

» 2° Qu'il est indispensable que les pièces de l'appareil réflecteur soient invariablement fixées les unes aux autres et à leur support. Or, dans les conditions où sera installé l'appareil, cette fixité résulte de la constance de la température de l'enceinte. Aucun mouvement dû à la dilatation ne pouvant se produire, il suffit d'éviter ceux qui résulteraient de l'oxydation des pièces métalliques. Tous les joints sont hermétiquement recouverts

d'une couche épaisse de peinture au minium, et les extrémités des vis calantes sont noyées dans un bain de vaseline.

» La fixité du support sera celle du sol lui-même, c'est-à-dire du banc de calcaire dans lequel sont creusées les caves de l'Observatoire. Je me suis assuré d'abord, par l'observation du bain de mercure, que les ébranlements de la surface ne se transmettent pas à cette profondeur de $27^m$. Le pilier sur lequel reposera l'appareil a été bâti en meulière et ciment de Portland sur le roc lui-même; il est encastré latéralement dans le banc calcaire, et il vient se relier supérieurement au plafond de la carrière. On peut donc le considérer comme ne faisant qu'un avec le sol. Le microscope et la source de lumière, qui n'ont pas besoin d'autant de fixité, seront simplement portés par un socle en fonte scellé dans la paroi du couloir d'observation.

» 3° Dans tous les cas examinés, le déplacement relatif des deux images mesure la différence des rotations du miroir horizontal et du mercure. C'est cette différence qui seule peut être rendue sensible et mesurée, sans qu'il soit possible de séparer les deux effets ni de savoir lequel des deux miroirs, argent ou mercure, s'est déplacé.

» Quelle est alors la signification de la quantité mesurée?

» La température étant constante et les ébranlements superficiels ne se communiquant pas dans les caves, une rotation du miroir horizontal de verre argenté ne peut résulter que d'une action venant de l'intérieur de la Terre. Cette action sera périodique ou accidentelle : périodique si elle provient de la marée intérieure, dont les expériences faites dans les mines de Dux semblent démontrer l'existence; accidentelle si elle résulte d'un tremblement de terre.

» L'action périodique est précisément l'une des quantités que l'on cherche à mettre en évidence dans ces observations. Elle ne paraît pas d'ailleurs pouvoir être séparée de la déviation proprement dite de la verticale.

» Elle se traduira par une allure périodique de la courbe dont les abscisses sont les temps et les ordonnées les déplacements relatifs des deux images. Les variations accidentelles se traduiront par des sauts brusques de la même courbe.

» Il suit de là que des observations trop espacées ne donneront aucun résultat, si ce n'est peut-être la démonstration de la fixité relative des deux images; mais que des observations continues pourront mettre en évidence les deux ordres de phénomènes. Je me propose d'appliquer plus tard dans

ce but l'enregistrement photographique à l'observation continue des images.

» Reste à savoir si l'appareil est suffisamment sensible pour mettre en évidence les mouvements périodiques dont je viens de parler. La distance focale de l'objectif étant de $30^{m}$, une déviation d'une seconde se traduira par un déplacement de l'image de $0^{mm},3$; il ne sera pas possible de mesurer des quantités moindres qu'un vingtième de seconde. Il est donc bien certain que l'appareil nadiral simple ne pourra démontrer ni les variations de la verticale, ni les effets de la marée intérieure hypothétique. A mon sens, le rôle des appareils nadiraux se borne à celui de véritables séismomètres.

» Mais, tandis que, dans toutes les expériences instituées jusqu'à ce jour avec le bain de mercure, le pendule ou le niveau, les influences extérieures des ébranlements superficiels, de la chaleur solaire et des tassements du sol sont venues superposer leurs effets à ceux des forces cosmiques, j'ai tout lieu de croire que l'installation de l'appareil dans les caves de l'Observatoire le tiendra à l'abri de ces influences perturbatrices. Si donc il venait à démontrer que les oscillations géologiques du sol sont assez peu marquées à Paris, il y aurait lieu de recourir à un autre instrument plus sensible pour rechercher les oscillations astronomiques dues à l'action de la Lune et du Soleil. Le principe de l'appareil que je me propose d'employer alors m'a été indiqué il y a plusieurs années par M. Ad. Martin : il consiste à produire des réflexions multiples d'un faisceau de lumière entre un bain de mercure et un miroir plan parallèle. Toute rotation $\alpha$ de la surface du mercure par rapport au miroir fixe se traduit, à chaque réflexion sur le mercure, par une déviation $2\alpha$ du rayon, de sorte qu'après $n$ réflexions le rayon a tourné d'un angle $2n\alpha$, quantité qui peut devenir mesurable, quelque petit que soit $\alpha$, si $n$ est suffisamment grand. Ce principe a été réalisé comme il suit dans un projet que j'ai soumis, il y a quelques années, à M. le Directeur de l'Observatoire.

» Entre les deux miroirs circulaires et aux extrémités d'un même diamètre, je place deux prismes de verre équilatéraux, les arêtes horizontales et la face extérieure verticale. Les rayons issus du foyer d'une lunette horizontale pénètrent normalement dans le prisme et se partagent en deux faisceaux qui, par réflexion totale, sont renvoyés l'un en bas sur le mercure, l'autre en haut sur le miroir argenté. Après un même nombre de réflexions alternatives, ils arrivent tous deux au second prisme équilatéral et, réfléchis sur eux-mêmes par la face extérieure verticale qui est argentée, ils reviennent

par le chemin qu'ils ont déjà parcouru jusqu'au foyer de la lunette, où ils donnent l'image du point lumineux. Le déplacement de cette image par rapport au point mesurera la rotation relative des deux surfaces réfléchissantes autour d'un axe perpendiculaire à la direction de la lunette. Une deuxième lunette et deux autres prismes disposés à angle droit avec le premier système donneront la rotation autour d'un axe perpendiculaire au premier. Le tout serait porté sur un pilier unique et, dans nos caves à température constante, constituerait un ensemble soumis aux seuls déplacements du sol et de la verticale. »

## MÉMOIRES LUS.

HYGIÈNE PUBLIQUE. — *Sur l'épidémie de choléra qui règne en Egypte et sur les chances que l'Europe a d'en être préservée.* Note de M. **A. Fauvel** [1].

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

« Lorsque, dans le Mémoire lu à l'Académie des Sciences le 28 mai dernier, j'exprimais la crainte de voir prochainement supprimées, sous la pression des intérêts mercantiles de l'Angleterre, aujourd'hui prépotents en Égypte, les garanties qui, depuis 1865, avaient préservé ce pays des atteintes du choléra, je ne pensais pas être si près du jour où mes craintes allaient être réalisées; j'avais principalement en vue le prochain pèlerinage de la Mecque qui doit avoir lieu au mois de septembre et nous insistions pour que rien ne fût changé aux dispositions préventives de l'année dernière.

» Malheureusement la loi que j'ai établie touchant le rôle des foyers endémiques de choléra dans l'Inde avait jusqu'à ce jour été méconnue à Constantinople et en Égypte. On y admettait jusqu'à un certain point la doctrine commerciale anglaise qui considérait comme entièrement inoffensifs ces foyers endémiques, tant qu'ils ne sont pas le siège d'une épidémie. Or, ainsi que je l'ai démontré dans mon Mémoire du 28 mai, comme jamais le choléra n'y prend les proportions d'une importante épidémie, les autorités indiennes en profitent pour délivrer toujours des patentes nettes aux navires partant de ces foyers, notamment de Bombay, et cela malgré les

[1] L'Académie a décidé que cette Communication, bien que dépassant en étendue les limites réglementaires, serait insérée en entier aux *Comptes rendus*.

nombreux exemples prouvant combien cette doctrine est erronée et dangereuse.

» Un incident est venu accentuer la prépotence de l'autorité anglaise au Conseil international d'Alexandrie déjà en partie désorganisé et soumis à son influence.

» A l'occasion d'une recrudescence cholérique survenue à Bombay en avril et en mai, le Conseil sanitaire de Constantinople et celui d'Alexandrie avaient décidé qu'il y avait lieu de soumettre à la quarantaine les provenances de Bombay. Mais l'autorité anglaise intervint à ce sujet et à propos de pèlerins indo-javanais que le Conseil voulait maintenir en quarantaine.

» Par l'entremise de son délégué, l'autorité anglaise prétendit que, la question n'étant pas prévue par le règlement, le Conseil n'avait pas le droit de la trancher d'urgence et qu'il fallait la renvoyer à l'étude d'une Commission spéciale, c'est-à-dire de l'ajourner indéfiniment. Et comme un certain nombre de membres protestaient contre cette prétention, le délégué anglais et ses adhérents quittèrent la séance de manière que le Conseil ne se trouvât plus en nombre pour voter.

» Cette tactique fut renouvelée plusieurs fois, la dernière avec menaces de la part du délégué anglais : si bien que, grâce à la suspension de toute action du Conseil sanitaire, l'omission de toute précaution contre les provenances de l'Inde eut lieu dès la fin du mois de mai. La Porte, instruite de ce qui se passait, fit des menaces de représailles contre l'Égypte, et l'administration égyptienne se décida à rétablir, du moins en apparence, les mesures supprimées; mais il était trop tard, et bientôt le choléra éclatait à Damiette.

» De notre côté, avertis par M. Guillois de l'état des choses au Conseil d'Alexandrie et des conséquences qui allaient en résulter, des démarches allaient être faites dans le but d'y remédier, lorsque la nouvelle nous parvint de l'apparition du choléra à Damiette.

» On put croire un instant qu'il ne s'agissait que d'une épidémie locale cholériforme, due à des causes d'insalubrité; mais bientôt le caractère et la marche de la maladie ne laissèrent plus de doute sur sa nature : c'était le choléra asiatique avec son caractère envahissant.

» Bien plus, il fut permis de remonter à la source du mal et de reconnaître qu'il avait été importé par des marchands de Bombay venus pour une foire qui se tient à cette époque au voisinage de Damiette; on constata en outre qu'un chauffeur débarqué d'un navire anglais suspect s'était rendu à Damiette. Ainsi, selon toute vraisemblance, le choléra a été importé

en Égypte par les provenances de Bombay. Je laisse à chacun le soin de juger à qui incombe la responsabilité de cette importation.

» C'est en vain que le gouvernement anglais, intéressé à ne voir dans l'épidémie qui s'était manifestée à Damiette que le résultat de causes d'insalubrités locales, fit intervenir l'autorité d'un des plus éminents médecins de l'Angleterre qui vint affirmer en plein Parlement que l'épidémie en question, due à des causes d'insalubrité, resterait localisée et n'aurait pas de suites. La marche de la maladie est venue bientôt démentir les affirmations un peu hasardées du médecin dont je parle; tant il est vrai qu'un mérite éminent, sans une connaissance complète du sujet, ne suffit pas pour trancher une pareille question.

» L'Académie sait par les journaux quels développements l'épidémie a pris depuis le commencement de juillet. Après des tentatives infructueuses pour en arrêter l'extension au moyen de cordons sanitaires, frappés eux-mêmes par la maladie, le choléra a fait invasion au Caire vers le 14 juillet. On sait déjà avec quelle rapidité il s'y propage, mais on ignore encore dans quelles proportions, attendu que l'autorité anglaise, qui s'est emparée du service sanitaire, ne publie que ce qu'il lui convient de faire connaître.

» Il est certain toutefois qu'au Caire l'épidémie prendra de grandes proportions et que de ce foyer la maladie va s'étendre à toute l'Égypte. Le premier soin de l'autorité anglaise a été de mettre autant que possible les troupes britanniques à l'abri de l'épidémie, en les envoyant camper dans l'isolement à quelque distance de la ville. On affirme cependant que quelques hommes parmi ces troupes auraient déjà été atteints.

» Quoi qu'il en soit, il n'est pas douteux qu'Alexandrie, où le choléra a décidément fait son apparition, ne soit bientôt généralement envahie, et qu'alors commencera pour l'Europe la période de grand danger. C'est ici que se pose pour nous la question des chances que nous avons d'y échapper.

» Je constate d'abord qu'aujourd'hui l'Europe est entièrement exempte du choléra asiatique qui règne en Égypte, car il faut bien se garder d'ajouter foi aux bruits qui sont répandus par l'ignorance et qui se rapportent à des accidents cholériformes qu'on observe chaque année à pareille époque et qui n'ont qu'une analogie grossière avec le choléra asiatique proprement dit. La maladie ne s'est donc pas encore propagée hors de l'Égypte.

» En 1865, la propagation fut très rapide; mais l'Europe n'était pas alors préparée à se défendre et elle fut envahie sur plusieurs points à la fois.

» Aujourd'hui il n'en est plus de même: l'Europe, avertie à temps, est préparée à se défendre par des moyens préventifs des plus énergiques; on

peut même dire qu'à certains égards ces moyens sont exagérés et que, sous ce rapport, l'Angleterre paye chèrement la faute qu'elle a commise en Égypte. Pour avoir voulu épargner certaines mesures de précaution à quelques-uns de ses navires venant de l'Inde, tout son commerce est rudement frappé. C'est une punition méritée qui lui aurait été épargnée si elle avait tenu compte des avertissements réitérés qui lui ont été donnés.

» Les prescriptions quarantenaires, comme je viens de le dire, sont plutôt exagérées qu'insuffisantes partout en Europe, et, si l'on en jugeait par la sévérité de ces prescriptions, on pourrait se croire parfaitement garanti de l'invasion du fléau; malheureusement autre chose est la prescription, autre chose est l'exécution, et il est à craindre que celle-ci ne fasse défaut sur quelques points.

» Le danger de l'invasion du choléra est en grande partie proportionné à la distance du point infecté. C'est ainsi que la *Syrie,* par sa proximité de l'Égypte, est le pays le plus menacé par les personnes provenant de l'Égypte. Il y a bien un grand lazaret à Beyrouth où les provenances d'Égypte sont reçues; le sultan vient d'organiser une croisière destinée à surveiller la côte; néanmoins rien n'empêchera des fuyards montés sur des barques d'aborder la Syrie.

» Ce pays est donc le premier menacé.

» En revanche, il est possible d'y circonscrire le fléau comme on l'a déjà fait plusieurs fois; de sorte que l'extension du choléra en Syrie ne compromettrait pas nécessairement l'Europe.

» Je n'en dirai pas autant de *Constantinople* si, malgré les barrières qui en défendent les approches, le choléra venait à y pénétrer. C'est en vain que la *Russie* par ses quarantaines dans la mer Noire, que la *Roumanie* et la *Bulgarie,* celle-ci par des mesures où se trahit une intention politique, chercheraient à se garantir du fléau.

» Celui-ci se ferait jour malgré les barrières plus apparentes que réelles dans ces pays où le terrain est tout préparé pour le recevoir.

» Vient ensuite la *Grèce* qui, depuis la guerre de Crimée où notre armée lui apporta le choléra, a réussi à se garantir des épidémies ultérieures.

» Sa position quasi insulaire, ses relations commerciales limitées y favorisent les mesures d'isolement. Il est donc infiniment probable que la *Grèce* réussira encore cette fois à se préserver.

» Dans la mer Adriatique et notamment à *Trieste* les garanties sont moins certaines; et il est à craindre que, à raison des intérêts commerciaux prédominants, la mise à exécution des mesures prescrites à *Trieste* ne laisse

beaucoup à désirer. C'est un des points faibles de la défense européenne.

» L'*Italie* a édicté dernièrement les précautions les plus sévères contre les provenances contaminées; il est certain que le gouvernement fera tous ses efforts pour les faire exécuter. Mais que peuvent les bonnes intentions du gouvernement italien avec des moyens d'action insuffisants et contre les habitudes invétérées des agents chargés de l'exécution? Et comme la masse des fuyards se dirigera vers les ports d'Italie, il est à craindre que ce pays ne devienne la porte d'entrée du choléra en Europe.

» Je laisse de côté l'*Espagne* qui se défend par des moyens qu'on peut qualifier d'exagérés, mais où la distance et le peu de relations avec l'Égypte constituent encore les principales garanties contre l'importation directe de la maladie.

» Quant au littoral français, les mesures qu'on y pratique depuis le début de l'épidémie permettent d'affirmer qu'il y a bien peu de chances pour que le choléra pénètre en France de ce côté.

» Mais il ne faut pas perdre de vue que cette barrière générale, aujourd'hui très puissante, n'aura plus qu'une efficacité restreinte le jour où le choléra aurait pénétré en Europe.

» Dès lors aucun obstacle sérieux ne pourrait être opposé à sa marche envahissante par les moyens de communications rapides qui unissent entre elles toutes les parties de l'Europe : il ne resterait plus dans chaque pays qu'à se préparer à en diminuer les ravages par des mesures d'hygiène appropriées.

» Ainsi l'intérêt capital du moment consiste à prévenir l'invasion en Europe par un point quelconque de son territoire.

» On a beaucoup agité la question de savoir si l'Angleterre, par le fait de son obstination à ne prendre chez elle aucune mesure de quarantaine contre les provenances des pays infectés, ne pourrait pas en ce moment être la voie d'introduction du choléra qui se propagerait ensuite au continent.

» Je ne partage pas cette crainte. On ne doit pas perdre de vue que l'Angleterre est en relations constantes avec les pays indiens où règne le choléra sans qu'il en soit jamais résulté une importation de la maladie. La durée du voyage entre *Port-Saïd* et l'Angleterre n'est pas moindre que 14 jours pour les paquebots rapides.

» Or, après 14 jours sans accidents cholériques à bord, il n'y a plus aucune chance d'importation par les *personnes,* et comme le gouvernement anglais déclare qu'en cas de cargaison suspecte il a ordonné des mesures de désinfection, presque tout danger est écarté de ce côté.

» L'histoire du choléra en Angleterre nous montre en effet que toutes les fois que ce pays a été le théâtre d'une épidémie cholérique, c'est quand la maladie régnait dans les mers du nord de l'Europe que l'invasion a eu lieu. Ainsi les craintes exprimées aujourd'hui du côté de l'Angleterre sont contredites par l'expérience.

» Après les considérations qui précèdent, peut-on affirmer qu'il y ait encore des chances sérieuses pour l'Europe d'échapper à l'épidémie qui la menace?

» En tenant compte des lois auxquelles sont soumises les épidémies de choléra, je n'hésite pas à répondre par l'*affirmative*. Une de ces lois est que plus une épidémie de choléra a une extension rapide et sévit avec violence dans un pays, plus sa durée est courte et son extinction rapide.

» Telle fut l'épidémie de 1865 en Égypte, où les médecins envoyés d'Europe n'eurent pas le temps d'arriver pour y observer la maladie.

» A voir ce qui se passe aujourd'hui, il est probable qu'il en sera de même pour l'épidémie actuelle et que d'ici à un mois ou six semaines au plus le choléra sera éteint en Égypte.

» Je n'irai pas jusqu'à dire qu'après ce temps tout danger aura disparu pour l'Europe, car il y aura encore pendant quelque temps des cas retardataires et la désinfection du pays ne sera pas complète, mais le danger d'exportation sera considérablement diminué et la défense sera devenue plus facile.

» Il est donc permis d'affirmer que si l'Europe continue à se bien défendre pendant un mois encore, elle aura des chances sérieuses pour échapper au choléra.

» En *résumé*, l'épidémie de choléra asiatique qui sévit en Égypte aujourd'hui y a été *importée de l'Inde*.

» Cette importation est la conséquence de la *suppression des mesures préventives* qui défendaient ce pays.

» La *responsabilité* en revient tout entière à l'autorité anglaise, venant à l'appui de la doctrine mercantile imaginée dans l'Inde.

» L'Europe aujourd'hui est grandement menacée de l'invasion du fléau; mais, grâce aux mesures défensives instituées de toutes parts et à la probabilité que l'épidémie n'aura qu'une courte durée en Égypte, *il y a espoir fondé* que l'Europe ne sera pas envahie. »

## MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les origines de l'azote combiné existant à la surface de la terre.* Note de MM. **A. Müntz** et **E. Aubin.**

(Commissaires : MM. Dumas, Boussingault, Berthelot, H. Mangon, Schlœsing.)

« On admet que l'azote combiné, qui existe à la surface du globe et qui se trouve à l'état de matière organique ou à l'état de composés minéraux, susceptibles d'être assimilés par les êtres vivants, a pour origine première les phénomènes électriques dont l'atmosphère terrestre est le siège. Cavendish a montré que les décharges électriques, produites dans l'air, font entrer l'azote en combinaison. Ce corps devient ainsi capable de servir d'aliment aux végétaux. D'un autre côté, M. Berthelot a trouvé que, sous l'influence de tensions électriques très faibles, l'azote aérien pouvait se combiner aux matières organiques et entrer ainsi dans le cycle de la vie. Quant à l'azote libre qui constitue la grande masse de l'atmosphère terrestre, il ne paraît pas susceptible d'être utilisé par les êtres vivants, en dehors des cas où l'électricité le rend apte à entrer en combinaison. Les expériences de M. Boussingault sur les végétaux, celles de M. Schlœsing sur le sol, ont montré qu'une absorption directe de l'azote n'avait pas lieu. Nous sommes donc toujours en présence de cet agent unique, l'électricité, chargé de fournir aux êtres vivants l'azote dont ils ont besoin.

» La combustion vive qui s'exerce aux dépens des matières organiques, quoique entraînant la combinaison d'une certaine quantité d'azote aérien, ne peut pas être considérée comme une cause d'enrichissement en azote combiné, puisqu'elle détermine l'élimination, à l'état libre, de la plus grande partie de l'azote que ces matières renferment, produisant ainsi deux actions inverses, dont la dernière, qui consiste en la destruction des combinaisons azotées, est prédominante.

» En regard de cette cause de production d'azote combiné, plaçons les causes de déperdition : la combustion vive, phénomène très limité; la combustion lente qui, s'exerçant d'une manière continue et sur toute la surface du globe, rend à l'atmosphère, à l'état libre, une partie de l'azote des matières qui se décomposent; cette cause de déperdition peut être regardée comme la plus importante; enfin, dans des cas exceptionnels, il

peut y avoir réduction des nitrates des eaux ou des sols privés d'oxygène. Il importe de savoir si l'équilibre existe entre les forces inverses qui sont en jeu et si, par suite, nous pouvons regarder comme sensiblement constantes les quantités d'azote assimilable qui circulent à la surface du globe.

» La détermination de l'apport par l'électricité atmosphérique est la partie la plus importante du problème. On sait que les nitrates ou nitrites, produits sous l'influence de cet agent, sont amenés dans les parties basses par les eaux pluviales, dans lesquelles on peut déterminer leur proportion par des méthodes très rigoureuses. Il semble donc qu'en établissant, dans des points éloignés du globe, un certain nombre de stations, dans lesquelles on déterminerait les quantités moyennes de pluie en même temps que leur teneur moyenne en acide nitrique, on arriverait à la solution d'un des côtés les plus intéressants du problème. Déjà nous connaissons, pour plusieurs points de l'Europe, l'apport de l'atmosphère en composés nitrés. Des déterminations ont été faites en France, en Angleterre, en Allemagne, en Italie. Sans qu'on puisse regarder les valeurs obtenues comme tout à fait absolues, on peut dire cependant que l'ordre de grandeur de ces quantités est déterminé.

» Mais il convient de faire observer que, sous notre climat, les phénomènes électriques sont loin d'avoir l'intensité ou la continuité qu'ils ont dans les régions tropicales et que, par suite, on doit s'attendre à trouver dans ces dernières une production de nitrates bien supérieure à celle que nous constatons en Europe. Déjà M. Boussingault avait pensé qu'il devait en être ainsi ; cependant nous ne connaissons aucune observation directe, faite sous les tropiques, nous indiquant les quantités de nitrates apportées par les eaux pluviales. Il y a un grand intérêt à combler cette lacune.

» Le dosage des nitrates est une opération délicate et, dans des stations éloignées du laboratoire, il peut être utile de préparer l'échantillon de manière à pouvoir faire la détermination au retour. Dans ce but, nous avons étudié les conditions dans lesquelles un semblable procédé pouvait être appliqué. L'évaporation d'une certaine quantité d'eau de pluie, en présence de la potasse et en se mettant à l'abri du contact de l'air et spécialement des gaz de la combustion, si riches en composés nitrés, la conservation dans l'alcool du produit évaporé à un petit volume, permettent de faire des prélèvements d'échantillons qu'on peut rapporter, sous cette forme réduite, au laboratoire, après un temps indéterminé, et dans lesquels on peut alors doser les nitrates avec toute la précision désirable. Nous nous sommes assurés qu'aucune modification ne se produisait dans la proportion de ni-

trate, soit par le mode opératoire, soit par la durée de la conservation.

» Cette méthode peut servir aussi bien pour les eaux de rivières, de sources, etc., que pour les eaux pluviales. On emploie une quantité d'eau de 3 à $5^{lit}$ qu'on réduit par l'évaporation à un volume d'environ $30^{cc}$, puis on ajoute $60^{cc}$ d'alcool. Les nitrates se conservent ainsi indéfiniment, ce qui n'a pas lieu lorsqu'on garde, pendant un certain temps, les eaux en nature. Nous avons arrêté la forme des appareils nécessaires pour recueillir et traiter les eaux pluviales et nous serions heureux de pouvoir confier ces opérations, d'une exécution facile, à des personnes habitant des points éloignés du globe, et spécialement les régions tropicales, où les phénomènes électriques jouent un si grand rôle.

» Si les quantités d'azote combiné ainsi apportées aux êtres vivants ne sont pas, sur une partie de la surface du globe, supérieures à ce qu'elles sont chez nous, il semblerait difficile d'expliquer, par l'électricité seule, la compensation de l'azote incessamment perdu et surtout l'accumulation de l'azote combiné qui existe à la surface du globe. Il faudrait alors chercher une autre cause de production des composés azotés. Nous serions tentés de la placer dans les combustions vives qui se sont produites à une époque de l'existence du globe terrestre, alors que les éléments qui étaient auparavant dissociés sous l'influence d'une température élevée se sont combinés en présence d'oxygène et d'azote, entraînant ainsi la formation de composés nitrés. On sait, en effet, qu'il se forme de grandes quantités d'acide nitreux, chaque fois qu'un corps brûle dans l'air. Pour ne conserver aucun doute sur la réalité de ce fait, nous avons opéré la combustion, dans l'air, d'un certain nombre de métalloïdes et de métaux et nous avons, dans tous les cas, constaté la formation des composés nitrés. En cherchant le rapport entre les quantités des différents corps simples brûlés et les quantités correspondantes d'azote entré en combinaison, nous avons trouvé que l'intensité de ce phénomène était très grande [1]. Les combustions, produites dans la masse terrestre, de l'hydrogène, du silicium, des métaux, ayant eu lieu en présence de l'azote et d'un excès d'oxygène, ont donc dû provoquer une formation abondante de combinaisons oxygénées de l'azote, combinaisons assez stables à des températures élevées, surtout en présence de l'oxygène.

» A l'origine du développement des êtres organisés, il y aurait donc eu,

---

[1] Ainsi, dans nos expériences, $1^{gr}$ d'hydrogène brûlant dans l'air a donné naissance à $0^{gr},001$ d'acide nitrique; $1^{gr}$ de magnésium en a donné $0^{gr},100$.

d'après ces idées, un stock considérable de composés nitrés, et peut-être faudrait-il attribuer la puissance de la vie végétale et animale, aux époques géologiques, à cette abondance d'azote combiné qui, de notre temps, est rare et qu'il faut ajouter au sol, au prix de grandes dépenses, pour en augmenter la fertilité. Dans cette interprétation, il semblerait donc que nous vivons sur un stock d'azote combiné produit à l'origine et que nous sommes exposés à voir cette quantité décroître, sous l'influence des causes qui rendent à l'état gazeux l'azote qui avait servi à la formation des tissus des êtres vivants, à moins que l'apport dû à l'électricité atmosphérique ne soit une cause de réparation suffisante. »

VITICULTURE. — *Sur l'utilisation, pour la culture de la vigne, des terrains sablonneux des Landes et de la Gironde.* Extrait d'une Lettre de M. **A. Robinson** à M. le Secrétaire perpétuel.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

« Je viens de lire, dans les *Comptes rendus* du 11 juin dernier (tome XCVI, page 1709), l'extrait d'une Lettre de M. Pallas, relative à l'utilisation des terrains sablonneux des Landes et de la Gironde, pour la culture de la vigne. Permettez-moi, à ce propos, de rappeler quelques faits.

» Dès 1579 environ, l'Adour s'étant détourné à son embouchure et cessant d'arroser le territoire du Vieux-Boucau et ses environs, les habitants, dont le nombre allait augmentant chaque année et auxquels la pêche et la culture du pin ne suffisaient plus, songèrent à se créer d'autres ressources, tendant à fixer le sol mouvant et à le rendre productif. La culture de la vigne se présenta naturellement à leur esprit. Peu d'années après, ils recueillaient les bénéfices de cette nouvelle industrie, jusqu'alors inconnue dans le canton. Non seulement les champs environnants se peuplèrent de vignes, mais le vin qu'elles fournissaient pouvait rivaliser, jusqu'à un certain point, avec les meilleurs crus de leurs voisins, les bordelais.

» Comme les propriétaires amendaient le sol, en y transportant simplement du sable emprunté aux dunes voisines, il s'exhaussa au point d'atteindre $1^m$, et il acquit plus de fixité, par l'enfoncement progressif des racines. Des palissades économiques, hautes de $1^m$, vinrent compléter l'harmonie de cette heureuse culture, en fixant également le sol et en préservant la vigne du vent et du froid printanier.

» J'ai parcouru bien jeune cette contrée : je l'ai visitée, il y a peu d'années, et j'ai pu constater cette transformation. Depuis, chaque année, la vigne s'est étendue sur bien des points, et l'on estime aujourd'hui à 23 000$^{ha}$ cette étendue, produisant 13$^{hlit}$ à 14$^{hlit}$ de vin à l'hectare, soit, pour l'ensemble, 300 000$^{hlit}$ à 322 000$^{hlit}$ d'une grande valeur.... »

VITICULTURE. — *Recherches expérimentales sur la marche, dans les tissus de la vigne, d'un liquide introduit par un moyen particulier en un point de la tige.* Note de M. P. DE LAFITTE, délégué de l'Académie. (Extrait.)

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

« Quelques personnes cherchent en ce moment à détruire le Phylloxera par l'intoxication de la sève. Je me suis proposé d'étudier la marche, dans les tissus de la vigne, d'un liquide introduit en un point de la tige, en faisant abstraction, pour le moment, de toute pensée d'application.

» Le liquide toxique à employer doit remplir, il me semble, deux conditions : 1° il ne doit pas être détruit en chemin par les tissus de la plante; 2° la présence du liquide doit pouvoir être facilement constatée dans toutes les parties de la vigne, sans qu'il soit nécessaire de sacrifier celle-ci.

» J'ai présumé que le sulfate de cuivre dissous dans l'eau remplirait la première condition, et je comptais qu'il remplirait la seconde. Il y a quelques années, en effet, j'ai introduit une solution de sulfate de cuivre dans quelques pieds de vigne; mais le procédé dont j'ai fait usage produisait un étranglement circulaire complet, s'opposant à la descente de la sève, si bien que parfois de nombreuses radicelles ont poussé sur la tige au-dessus du récipient qui l'entourait, à 0$^{m}$,30 du sol. Or, lorsque les feuilles d'un sarment accusaient un état morbide grave, il suffisait de trancher le sarment, surtout dans la partie herbacée, avec un couteau, pour trouver, sur la lame qui avait simplement traversé les tissus, un dépôt de cuivre.

» Voici le moyen que j'emploie aujourd'hui pour introduire le liquide dans les tissus. Au moyen d'une vrille à cuiller, de 0$^{m}$,005 à 0$^{m}$,007 de diamètre, je creuse dans la tige une cavité, dirigée de bas en haut, sous une inclinaison de 45° environ. Je fais une mèche avec cinq ou six brins d'une corde de chanvre de 0$^{m}$,003 à 0$^{m}$,004 de diamètre, préalablement

détordue (¹); j'introduis un bout de la mèche dans la cavité, en l'y forçant au moyen d'un poinçon fabriqué dans ce but, de manière à ne pas laisser de vide et à obtenir une adhérence suffisante. La partie extérieure de la mèche est introduite dans un flacon en verre à large col, d'une capacité de $125^{cc}$ environ. Le flacon, placé contre la tige, pénètre dans le sol de $0^m,05$ à $0^m,06$, et est fixé à la tige par le goulot, au moyen d'une ficelle serrée lâchement, de manière à n'amener aucun étranglement partiel pouvant déranger la marche normale de la sève. L'orifice du goulot est placé à un centimètre et demi de la cavité, dont la place est choisie de manière à remplir cette condition. Le flacon est alors rempli du liquide en expérience, et fermé au moyen d'un bouchon de liège, de $0^m,005$ à $0^m,006$ d'épaisseur, où l'on a pratiqué, en un point du pourtour, une échancrure demi-cylindrique pour donner passage à la mèche.

» Pour rechercher le sulfate de cuivre dans les tissus, j'ai fait construire un emporte-pièce de $2^{mm},5$ de diamètre (²). Cet outil isole, où l'on veut, une petite rondelle d'écorce, qu'il suffit de soulever ensuite, avec la pointe d'un canif, pour obtenir un petit cylindre creux à parois très nettes et terminé au liber. On peut atteindre les tissus corticaux par les parois du cylindre, et les tissus ligneux par le fond.

» J'ai voulu sonder les uns et les autres au moyen d'aiguilles à coudre, comptant sur le dépôt de cuivre à l'arrivée des premières traces de la liqueur cuivrique; malheureusement, cette méthode n'offre pas la sensibilité voulue : même après que les feuilles ont accusé un état de souffrance, je n'obtiens qu'un dépôt brun, le cuivre n'apparaissant qu'à un degré d'intoxication plus avancé. Je crois néanmoins devoir indiquer cette méthode, parce que, au moyen de l'analyse spectroscopique, elle pourrait atteindre, je crois, une très grande sensibilité.

» Pour moi, je ne saurais plus me promettre que de suivre sur la tige, en particulier sur les feuilles et les raisins, les phénomènes morbides causés par le poison; puis, après que les feuilles auront cessé de fonctionner, de rechercher le cuivre dans les racines en arrachant la plante.

» J'ai, pour le moment, quatorze pieds en expérience (dont six traités au sulfate de fer) avec des liqueurs à divers titres. Les phénomènes mor-

---

(¹) Pour des pieds traités au sulfate de fer, je viens d'être obligé de substituer aux brins de chanvre des fils de laine. Corde et laine, j'ai pris ce que j'avais sous la main.

(²) J'adresse à M. le Secrétaire perpétuel, au Secrétariat de l'Institut, un modèle de tous les objets dont je fais usage.

bides se présentent dans cet ordre : les nervures de quelques feuilles (de toutes successivement) brunissent, d'abord par fragments isolés, puis complètement, et alors le réseau qu'elles forment prend beaucoup de relief sur la face inférieure de la feuille. Le pétiole, à la naissance de la feuille, est, de tout le système caulinaire, le point que j'ai trouvé le plus sensible à l'aiguille ou au couteau : avant la mort de la feuille, le dépôt de cuivre s'y produit. Sous l'action du toxique, les raisins (encore à l'état de verjus, et de la grosseur d'un petit pois) montrent un réseau de lignes fines, brunes, nullement apparentes sur les grains sains, et formant un dessin assez élégant.

» Si l'Académie veut me le permettre, mes observations, lorsqu'elles seront plus avancées, feront le sujet d'une nouvelle Note.

» Je puis cependant rapporter un fait intéressant, si toutefois l'observation est neuve : je remplis tous les flacons à $6^h$ du soir et je les visite à $6^h$ du matin; de $6^h$ du soir à $6^h$ du matin, l'absorption du sulfate de cuivre dilué ne va pas à $6^{gr}$ par pied, sauf pour un, toujours le même, où elle va parfois à une dizaine de grammes; un des pieds n'absorbe absolument rien dans le même temps. De $6^h$ du matin à $6^h$ du soir, l'absorption réelle est d'environ $60^{gr}$ en moyenne. Les choses se passent comme si l'activité spéciale des tissus était prépondérante parmi les causes qui entraînent le liquide, et que la vigne, se reposant la nuit, fût en action le jour seulement. »

M. Berthon, M. A.-J. Vernier, M. Gagnage adressent diverses Communications relatives au Phylloxera.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

M. Boyaux, M. Zyblikiewicz adressent des Communications relatives au choléra.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

M. A. Boissière adresse une réclamation de priorité, accompagnée de pièces à l'appui, au sujet de la Communication faite à l'Académie par MM. Appert, le 4 juin dernier, sur le soufflage du verre par l'air comprimé mécaniquement.

(Renvoi à la Commission des Arts insalubres.)

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Une Brochure de M. *P. Mouillefert*, relative à l'emploi du sulfocarbonate de potassium pour combattre le Phylloxera;

2° Le Volume contenant les travaux du 11[e] Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences, tenu à la Rochelle en 1882.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques équations différentielles linéaires du quatrième ordre*. Note de M. **Halphen**.

« Dans une Note récente (ce Volume, p. 31), M. Goursat a indiqué la possibilité de réduire au second ordre les équations linéaires du quatrième ordre, dont les intégrales sont liées par une relation quadratique. Je me propose de donner ici le moyen de reconnaître cette propriété sur l'équation et d'effectuer la réduction. Ce problème présente plusieurs cas, et j'ai donné la solution pour deux d'entre eux dans un Mémoire couronné par l'Académie. La distinction de ces cas semble plus nette si l'on emploie la notion de la *courbe attachée à l'équation*, introduite dans le Mémoire que je viens de rappeler.

» Considérant quatre intégrales comme les coordonnées homogènes d'un point dans l'espace, et la variable indépendante comme un paramètre qui fait varier ce point, on a pour lieu de ce point une courbe : c'est celle dont je parle. Par le moyen de cette courbe, on reconnaît l'identité entre les invariants des équations linéaires du quatrième ordre et les invariants des courbes gauches. En particulier, le problème de reconnaître sur l'équation si une relation quadratique existe entre les intégrales est le même que ceux-ci :

» I. *Trouver l'équation différentielle des courbes tracées sur les hyperboloïdes;*

» II. *Trouver l'équation différentielle des courbes tracées sur les cônes du second degré;*

» III. *Trouver les équations différentielles des courbes biquadratiques;*

» IV. *Trouver les équations différentielles des cubiques gauches.*

» Introduisons, pour les équations du quatrième ordre, les invariants affectés de coefficients numériques choisis de telle sorte que l'on reproduise exactement ainsi les invariants déjà employés dans mon Mémoire *Sur les invariants différentiels des courbes gauches* (*Journal de l'École Polytechnique*, XLVII[e] Cahier). Voici leurs expressions, en supposant, pour la simplicité, l'équation privée de son second terme :

$$y^{\text{IV}} + 6p_2 y'' + 4p_3 y' + p_4 y = 0.$$

» Le plus simple invariant est celui-ci :

$$v = \frac{1}{30}(3p'_2 - 2p_3).$$

» Si l'on exprime les coefficients en fonction des intégrales, $v$ contient, jusqu'au sixième ordre, les dérivées de ces intégrales. Pour les autres invariants, un indice rappelle l'ordre auquel ils contiennent ces dérivées. Le suivant est

$$s_7 = \frac{1}{42}\left(p_4 - 2p'_3 + \frac{5}{6}p''_2 - \frac{81}{25}p_2^2\right).$$

» On en déduit une série d'autres, ainsi

$$s_8 = \frac{1}{8}\left(vs'_7 - \frac{4}{3}v's_7\right), \quad s_9 = \frac{1}{9}\left(vs'_8 - \frac{8}{3}v's_8\right), \quad \cdots.$$

» Il y a, en outre, un autre invariant du septième ordre, distinct de $s_7$, qu'on obtient par l'intermédiaire d'un second invariant $\delta$, du huitième ordre, ainsi

$$\delta = \frac{5}{6}vv'' - \frac{35}{36}v'^2 - 3p_2 v^2,$$

$$t_7 = \frac{1}{35}\delta - \frac{4}{3}s_8 - \frac{7}{36}s_7^2.$$

» On en déduit une seconde série d'invariants

$$t_8 = \frac{1}{8}\left(vt'_7 - \frac{8}{3}v't_7\right), \quad t_9 = \frac{1}{9}\left(vt'_8 - \frac{12}{3}v't_8\right), \quad \cdots.$$

» Dans le cas particulier où $v$ est nul identiquement, ce système est en défaut ; $s_7$ subsiste et remplace $v$; on lui adjoint cet autre

$$\tau = 6p_2 s_7^2 - \frac{4}{5}s_7 s''_7 + \frac{45}{32}s'^2_7,$$

et l'on forme une suite d'invariants dont le premier est

$$s_7\tau' - \frac{5}{2}s'_7\tau.$$

» Enfin, si $v$ et $s_7$ sont nuls tous deux, il n'y a plus d'invariants.

» Voici maintenant la solution des problèmes proposés. Composons les invariants suivants :

$$M = s_8 + 2t_7 \quad + \frac{1}{6}s_7^2, \quad \Phi = M^2 t_7 - MNs_7 + N^2,$$

$$N = t_8 + \frac{4}{3}s_7 t_7 - \frac{3}{2}v^4, \quad \Psi = \Phi^2 + 4M^3Nv^4.$$

» I. Pour que la courbe attachée soit sur une surface du second degré, la condition s'exprime abréviativement ainsi :

$$\frac{1}{4}\frac{d}{dx}\log\frac{\Psi}{v^{\frac{16}{3}}M^4} = \frac{2N}{vM} - \frac{7}{3}\frac{s_7}{v}.$$

» Quand cette condition est satisfaite, on prend les deux équations du second ordre, comprises dans la formule ambiguë

$$z'' - \left(\frac{v'}{3v} - \frac{7}{3}\frac{s_7}{v} + 2\frac{N}{vM}\right)z' = \frac{5\Phi \pm 3\sqrt{\Psi}}{2v^2M^2}z.$$

» Soient $\alpha$ et $\beta$ une solution de chacune d'elles; on aura, pour la proposée,

$$y = (vM)^{\frac{3}{2}}\Psi^{-\frac{3}{8}}\alpha\beta.$$

» Pour type, on peut prendre

$$y^{\text{iv}} - 2gy'' - 3g'y' + (1 - g'')y = 0,$$

qui conduit à ces équations du second ordre,

$$z'' = \frac{g \pm 1}{2}z.$$

» Si $v$ est nul, la solution est différente. La condition consiste alors en ce que $\tau^2 : s_7^5$ soit une constante. A chaque racine de l'équation bicarrée

$$\lambda^4 + \frac{\tau}{s_7^2\sqrt{42 s_7}}\lambda^2 + 1 + \frac{3}{1400}\frac{\tau^2}{s_7} = 0,$$

correspond une intégrale $y = s_7^{-\frac{3}{8}}e^{\lambda\int s_7^{\frac{1}{4}}dx}$.

» II. Pour que la courbe soit sur un cône du second degré, la condition est $\Psi = 0$. En ce cas, on envisage l'équation

$$z'' - \left(\frac{\nu'}{3\nu} - \frac{7}{3}\frac{s_7}{\nu} + 2\frac{N}{\nu M}\right) z' = \frac{5\Phi}{2\nu^2 M^2} z.$$

» Soient $z_1$ et $z_2$ deux intégrales, on a la solution

$$y = \nu^{-\frac{1}{2}} e^{\int \left(\frac{7}{2}\frac{s_7}{\nu} - 3\frac{N}{\nu M}\right) dx} (c z_1^2 + c' z_1 z_2 + c'' z_2^2).$$

» Pour type de ce cas, on peut prendre

$$y^{\text{IV}} - 2gy'' - 3g'y' - g''y = 0, \quad z'' = \frac{1}{2} g z.$$

» III. Pour que la courbe soit biquadratique, les conditions sont

$$M = N = 0.$$

En ce cas, les intégrales dépendent algébriquement des coefficients, et l'on peut les représenter ainsi par les fonctions elliptiques.

» Comme conséquence de $M = N = 0$, si l'on pose à la fois, en employant des combinaisons déjà utilisées ailleurs,

$$-\frac{t_7^3}{\nu^8} = \frac{H^3(3u) H^5(u)}{H^8(2u)}, \quad -1 + \frac{s_7 t_7}{\nu^4} = \frac{H(4u) H^4(u)}{H^5(2u)},$$

le module est une constante, et $u$ une nouvelle variable. En fonction de cette variable, l'intégrale $y$ s'exprime ainsi

$$y = \left(\frac{\operatorname{cn} u \operatorname{dn} u}{\nu \operatorname{sn}^3 u}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\operatorname{sn}^3 \frac{u}{2}}{\operatorname{cn} \frac{u}{2} \operatorname{dn} \frac{u}{2}}\right)^{1}$$
$$\times \left[c + c' \operatorname{sn}\left(\frac{u}{2} + iK'\right) + c'' \operatorname{cn}\left(\frac{u}{2} + iK'\right) + c''' \operatorname{dn}\left(\frac{u}{2} + iK'\right)\right],$$

» IV. Enfin les équations qui caractérisent la cubique gauche sont

$$\nu = s_7 = 0.$$

En ce cas, on prend l'équation

$$z'' + \frac{3}{5} p_2 z = 0,$$

et l'on a

$$y = c z_1^3 + c' z_1^2 z_2 + c'' z_1 z_2^2 + c''' z_2^3. \text{ »}$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines solutions particulières du problème des trois corps.* Note de M. H. Poincaré.

« M. Kronecker a présenté à l'Académie de Berlin, en 1869, un Mémoire sur les fonctions de plusieurs variables; on y trouve un important théorème d'où il est aisé de déduire le résultat suivant :

» Soient $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n$ $n$ fonctions continues de $n$ variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$; la variable $x_i$ est assujettie à varier entre les limites $+a_i$ et $-a_i$. Supposons que, pour $x_i = a_i$, $\xi_i$ soit constamment positif, et pour $x_i = -a_i$ constamment négatif; je dis qu'il existera un système de valeurs des $x$ pour lequel tous les $\xi$ s'annuleront.

» Ce résultat peut s'appliquer au problème des trois corps et montre que ce problème admet une infinité de solutions particulières jouissant de propriétés remarquables que nous allons exposer. Nous nous restreignons, bien entendu, au cas où les masses de deux des corps sont très petites.

» Le mouvement est périodique, c'est-à-dire que, lorsque le temps augmente d'une période constante, les trois corps reprennent la même position *relative*. A la fin d'une période, les distances des trois corps reprennent leur valeur initiale, ainsi que les vitesses relatives estimées soit dans la direction du rayon vecteur, soit dans la direction perpendiculaire. Le système entier a seulement tourné d'un certain angle autour du centre de gravité, supposé fixe.

» Les excentricités sont très petites et de l'ordre des masses; mais les inclinaisons peuvent avoir des valeurs quelconques.

» Dans la solution particulière envisagée, il reste encore, si les trois corps sont assujettis à se mouvoir dans un plan, quatre paramètres arbitraires; s'ils se meuvent dans l'espace, il en reste huit. Ainsi, dans l'un comme dans l'autre cas, il faut imposer quatre conditions aux éléments initiaux du mouvement pour que ce mouvement présente cette périodicité dont nous venons de parler.

» Quand nous aurons disposé arbitrairement de huit des douze éléments initiaux, notre solution particulière ne sera pas encore complètement déterminée. Projetons, en effet, les deux rayons vecteurs sur le plan du maximum des aires. Après une période, la projection du premier rayon vecteur aura décrit un angle $\nu$, la projection du second vecteur aura décrit un angle $\nu + 2n\pi$; nous pouvons encore nous donner arbitrairement le

nombre entier $n$, après quoi la solution particulière sera parfaitement définie. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Nouvelle disposition du système de bascule romaine, à curseur automatique.* Troisième Note de M. **A. Picart.**

« Une nouvelle disposition de la machine consiste à mettre le point d'appui du levier et les deux points de suspension du plateau et du tablier sur une droite parallèle à l'axe géométrique du levier et située un peu au-dessus. Dans cette disposition, si $m$ désigne le poids de la portion de levier symétrique de celle qui est au-dessus de cette ligne droite, $d$ la distance au point d'appui de son centre de gravité $g$, et $\gamma$ l'angle que forme cette distance avec la verticale, la formule de sensibilité est

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{\varpi l - md\sin\gamma}{md\cos\gamma};$$

lorsque l'angle $\gamma$ est très petit, elle se rapproche de la formule

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{\varpi l}{md}.$$

» C'est pourquoi le levier doit avoir une forme telle que le centre de gravité $g$ soit rapproché le plus possible de la verticale du point d'appui. C'est cette forme qui donne lieu à des oscillations quand il y a équilibre du levier de part et d'autre de sa position horizontale.

» Dans la disposition indiquée à la fin de ma première Note, le levier peut avoir une forme quelconque, pourvu que toujours le point d'appui et les deux points d'application soient en ligne droite. L'oscillation y est due, comme je l'ai déjà indiqué dans ma deuxième Note, à ce que la force, agissant le long de la bride, qui a une composante verticale égale au poids du fardeau, a en même temps une composante horizontale, qui tend à ramener le levier dans la position horizontale. »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Perturbations solaires nouvellement observées.* Note de M. **L. Thollon**, présentée par M. l'Amiral Mouchez.

« Il se produit depuis quelque temps, dans l'hémisphère sud du Soleil, de nombreuses et importantes perturbations qui méritent d'être signalées. On y voyait, le 22 juillet, comme une chaîne de grandes et belles taches

presque régulièrement espacées, accompagnées d'une foule d'autres très petites et très nettes. L'une d'elles, la plus occidentale, à pénombre faible, offrait un noyau très sombre et parfaitement délimité. Le diamètre de ce noyau, mesuré avec soin, a été trouvé égal à 25″, soit $18000^{km}$ environ; celui de la Terre n'est que de $12700^{km}$. Cette tache n'était pas la plus grande, mais elle était la plus régulière et la mieux définie.

» Du côté opposé, à l'est, se trouvait un large groupe formé d'un si grand nombre de petites taches qu'il m'a été impossible de les compter. L'arrivée de ce groupe a été signalée, dès le 16 juillet, par une protubérance assez petite, mais extrêmement brillante. A $4^h$ de l'après-midi, elle était formée de traits de feu rectilignes, paraissant diverger du même point du bord et s'amincissant en pointes vers leurs extrémités sans rien perdre de leur éclat. Sur cette protubérance, j'ai pu observer des déplacements très prononcés de la raie C; l'un d'eux atteignit, à $5^h 20^m$, du côté du violet, des proportions considérables, correspondant à une vitesse d'environ $300^{km}$ par seconde. Une heure auparavant, j'avais observé, dans la même région, un déplacement moindre du côté du rouge, non seulement dans les raies de l'hydrogène et du groupe *b*, mais encore dans la raie de la couronne (1474 de Kirchhoff). Ce déplacement de la raie de la couronne, constaté de la manière la plus sûre, est un fait important. Il suffira, pour s'en convaincre, de voir ce qu'écrit à ce sujet le savant et habile observateur M. Young, dans son excellent Ouvrage *le Soleil* (traduction française, p. 189).

» En profitant des éclaircies du 21 juillet et de la belle matinée du 22, j'ai pu continuer et compléter mes observations. Presque toute la moitié méridionale du disque solaire donnait des signes manifestes d'une violente agitation. En promenant l'image de cette région sur la fente du spectroscope, la raie C n'avait plus l'aspect d'une ligne sombre continue; elle semblait réduite en une infinité de fragments, les uns brillants, les autres très noirs, semblant osciller rapidement autour d'un axe commun au moindre mouvement de l'image solaire. Fréquemment on voyait un de ces fragments se transporter à une grande distance, à droite ou à gauche de la raie, en s'étalant et s'estompant sur les bords, particulièrement dans le voisinage des taches.

» Le 22 juillet, à $7^h 33^m$ du matin, une petite protubérance, qui se montrait au bord occidental, attira mon attention par son éclat et un déplacement très marqué de la raie C. En la maintenant sur la fente et parcourant le spectre, je vis un nombre considérable de raies métalliques se renverser

et devenir très brillantes. Le renversement des raies D se présentait avec un éclat surprenant, comparable à celui que donne le sodium dans l'arc électrique. Vers la base de la protubérance, le renversement était double, c'est-à-dire que les raies D, larges et très brillantes, étaient partagées en deux par un noyau noir. Les nuages, qui à ce moment ne laissaient voir le Soleil que par rares éclaircies, ne me permirent pas de noter la position de toutes les raies devenues brillantes. Voici les longueurs d'onde de celles qui ont pu être déterminées :

5189
5197
5274
5323
6673,

auxquelles il faut ajouter la raie rouge de Tacchini, celle de la couronne, $b_1$, $b_2$, la moins réfrangible des deux composantes de $b_3$ appartenant au nickel et la plus réfrangible des deux composantes de $b_4$ appartenant au magnésium.

» Dans le cours de mes observations spectroscopiques, je n'ai jamais vu le renversement des raies métalliques et surtout des raies D se produire, à beaucoup près, avec autant d'éclat que dans la matinée du 22. Quant aux déplacements de raies, j'en ai mesuré de plus amples; je ne les ai jamais vus aussi fréquents dans une période de temps aussi courte. »

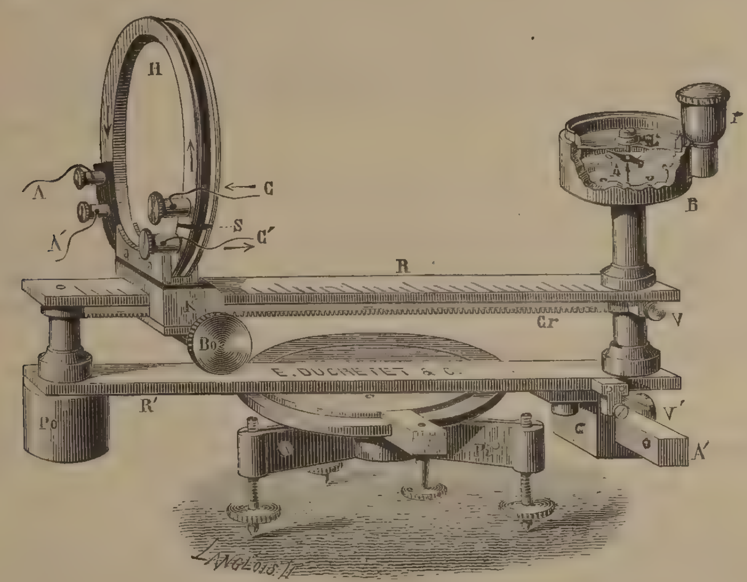
PHYSIQUE. — *Sur un galvanomètre universel sans oscillation, pour la mesure rapide des courants de grande intensité ou de haute tension.* Note de M. Ducretet, présentée par M. C. Wolf.

« La boussole des tangentes dont il s'agit offre l'avantage de donner une mesure presque instantanée de l'intensité des courants. Cette propriété précieuse est obtenue par la suppression des oscillations de l'aiguille, qui est complètement immergée dans un liquide transparent enfermé dans une boîte à compensation, comme on l'a déjà fait pour les boussoles marines. Cette disposition, qui peut être adaptée à toute espèce de galvanomètre, amortit les oscillations bien plus vite que ne font les étouffoirs en cuivre ou les aimants puissants quelquefois employés; et elle laisse à l'aiguille toute sa sensibilité.

» Il suit de là : 1° que, dans l'étude des piles, on peut obtenir la valeur de l'intensité du courant ou de la force électromotrice de la pile, avant que

les phénomènes de polarisation se soient produits, bien qu'ils se produisent très rapidement lorsque la pile est fermée par un circuit de résistance nulle, comme c'est le cas pour la mesure des intensités; 2° qu'on peut suivre pas à pas toutes les variations du courant, faibles ou fortes, lentes ou brusques, observation précieuse pour l'étude des courants des piles et surtout de ceux des machines magnéto-électriques.

» L'aiguille aimantée, de très petites dimensions, est portée par une chape en agate sur une pointe très fine non oxydable; elle se prolonge par une tige très déliée en aluminium qui parcourt les divisions du cadran. Le fond de la boîte est formé par un miroir platiné, l'index de l'aiguille s'y réfléchit et la superposition de l'index à son image écarte toute erreur de parallaxe.




» La boîte de l'aiguille est montée à centre à l'extrémité d'une règle graduée, mobile elle-même sur un axe vertical servant à l'orientation de tout le système. Un aimant puissant, faisant fonction d'aimant directeur, peut être fixé au-dessous de l'aiguille de la boussole; son action s'ajoute à l'action directrice de la terre et constitue un champ magnétique assez intense, qui rend peu sensibles les variations extérieures. Le cadre multiplicateur circulaire est mobile le long de la règle et peut être amené rapidement à une distance quelconque de l'aiguille à l'aide d'une crémaillère et d'un bouton. Grâce à cette disposition, la boussole peut être employée à la mesure soit de l'intensité des courants, soit de la force

électromotrice des piles, dans des limites très étendues, de $\frac{1}{10}$ d'ampère à 400 ampères environ pour l'intensité, de $\frac{1}{10}$ de volt jusqu'à 700 volts et au delà pour la force électromotrice.

» Dans le premier cas (ampéremètre), on fait passer le courant dans le cadre même du multiplicateur, dont la résistance est inappréciable. On détermine, par étalonnage, une table de correspondance entre les degrés du cadran, suivant les diverses positions du cadre sur la règle, et la valeur en ampères du courant qui le traverse. L'expérience montre qu'il y a proportionnalité jusqu'à 35° entre les intensités et les déviations.

» Lorsque la boussole est employée comme galvanomètre de force électromotrice ou voltmètre, on fait passer le courant dans un fil de maillechort très fin, enroulé sur la gorge du cadre et représentant une résistance très grande, 5490 ohms. L'intensité du courant est alors très sensiblement proportionnelle à la force électromotrice. On étalonne l'appareil en volts pour les diverses positions du cadre. La proportionnalité entre les forces électromotrices et les degrés de déviation se soutient encore jusqu'à 35° environ.

» On doit vérifier fréquemment l'étalonnage de l'appareil, qui peut varier par suite des variations de la composante horizontale terrestre et de celles de l'aimant directeur. Cette vérification se fait en lançant dans les circuits le courant d'un grand élément Daniell dont la force électromotrice est connue et dont on détermine la résistance. »

THERMOCHIMIE. — *Chaleur de formation des fluorures de potassium.* Note de M. Guntz, présentée par M. Berthelot.

« On connaît jusqu'ici les composés suivants :

| | |
|---|---|
| Fluorure de potassium anhydre.............. | KFl |
| » hydraté............. | KFl, 4HO |
| Fluorhydrate de potassium anhydre.......... | KFlHFl |

» J'ai déterminé la chaleur de formation de ces composés, à partir de l'acide fluorhydrique gazeux et liquide et de la potasse solide.

» 1° *Fluorure de potassium anhydre.* — La chaleur de neutralisation de la potasse par l'acide fluorhydrique et la chaleur de dissolution du fluorure de potassium ont déjà été mesurées, l'une par M. Thomsen, l'autre par M. Favre. Mes résultats s'accordent avec les leurs.

» J'ai trouvé $+16^{Cal},12$ pour HFl étendu + KO étendue.

» La chaleur de dissolution du fluorure de potassium anhydre dans $400 H^2O^2$ a été trouvée de $+ 3^{Cal},60$.

» De ces données, jointes à mes expériences sur le gaz fluorhydrique, on peut déduire la chaleur de formation du fluorure anhydre, à partir de $KHO^2$ solide et de HFl gaz et liquide :

| | |
|---|---|
| | Cal |
| $KHO^2$ sol. + HFl liq. = KFl sol. + $H^2O^2$ sol. .......... | + 30,98 |
| $KHO^2$ sol. + HFl gaz = KFl sol. + $H^2O^2$ sol. .......... | + 38,22 |

» 2° Le *fluorure de potassium cristallisé* KFl, 4HO, séché très rapidement entre des feuilles de papier, a donné $- 1^{Cal},03$ comme chaleur de dissolution.

» L'hydratation du fluorure a donc dégagé, à partir de l'eau liquide, $+ 1,03 + 3,6 = 4^{Cal},63$

$$KFl \text{ sol.} + 2H^2O^2 \text{ liq.} = KFl,4HO \text{ sol.} + 4^{Cal},63;$$

avec $2H^2O^2$ solide + 1,8.

» La chaleur de formation du fluorure hydraté peut se déduire de ces nombres :

| | |
|---|---|
| | Cal |
| $KHO^2$ sol. + HFl liq. + $H^2O^2$ sol. = KFl, $2H^2O^2$ sol .... | + 34,17 |
| $KHO^2$ sol. + HFl gaz + $H^2O^2$ sol. = KFl, $2H^2O^2$ sol .... | + 41,41 |

» 3° Pour trouver la chaleur de formation du *fluorhydrate de fluorure de potassium,* j'ai ajouté, à un poids connu de fluorure de potassium en solution ($1^{éq} = 2^{lit}$), le poids équivalent d'acide fluorhydrique ($1^{éq} = 2^{lit}$). Cette réaction absorbe $- 0^{Cal},37$. Ce nombre a été vérifié en mesurant la chaleur de neutralisation d'un poids connu de HFl($1^{éq} = 2^{lit}$) par la moitié du volume équivalent de potasse ($1^{éq} = 2^{lit}$). On a trouvé ainsi $+ 15^{Cal},67$; la différence $+ 15,67 - 16^{Cal},12 = 0,45$ donne la chaleur absorbée par la neutralisation de KFl dissous par HFl étendu. Ce fait de l'absorption a déjà été signalé par M. Thomsen.

» Il est analogue à ce qui a été reconnu pour le bisulfate de potasse. Mais, dans le cas du fluorhydrate comme dans celui du bisulfate, il y a chaleur dégagée pour la formation d'un sel acide séparé de l'eau. En effet, j'ai trouvé pour la chaleur de dissolution du fluorhydrate de fluorure de potassium : $- 6^{Cal},01$.

» On a déduit de ces données :

| | |
|---|---|
| | Cal |
| KFl sol. + HFl gaz = KFlHFl sol... ............... | + 21,04 |
| KFl sol. + HFl liq. = KFlHFl sol.... ................ | + 13,80 |

» On a encore :

$KHO^2$ sol. + $2HFl$ gaz = $KFlHFl$ sol. + $H^2O^2$ sol. . . . . . + 53,13
$KHO^2$ sol. + $2HFl$ liq. = $KFlHFl$ sol. + $H^2O^2$ sol. . . . . . + 38,65

» Je vais examiner maintenant la stabilité et l'état de dissociation des deux composés secondaires que je viens de signaler, tant dans l'état dissous que dans l'état soluble. Cette stabilité et cette dissociation concourent avec la grandeur de leur chaleur de formation, pour en déterminer le rôle dans la statique des réactions salines. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés nitrés de l'hydrure d'éthylène.* Note de M. A. Villiers, présentée par M. Berthelot.

« 1. J'ai décrit précédemment (¹) une combinaison cristallisée du bromure d'éthylène tétranitré et de la potasse, combinaison ayant pour formule $C^4(AzO^4)^4Br^2, 2KHO^2$ (²); elle a été obtenue en partant du bromure d'éthylène.

» Les acides lui enlèvent la potasse et mettent en liberté une huile incolore ou légèrement colorée en jaune, d'une odeur pénible, dont les vapeurs excitent le larmoiement et qui est probablement le bromure d'éthylène tétranitré. Mais ce corps, que l'on peut du reste chauffer au-dessus de 100° sans qu'il détone, est cependant fort instable et se décompose rapidement dès la température ordinaire, de sorte que la composition du liquide est fort variable ; c'est ainsi que j'y ai trouvé, après sa mise en

(¹) *Comptes rendus*, t. XCIV, p. 1122, et *Bulletin de la Soc. chim.*, t. XXXVII, p. 451.

(²) M. Losanitsch (*Deutsche Chemische Gesellschaft*, 1883, p. 51) pense que cette combinaison est la même que celle qu'il a obtenue avec divers corps de la série aromatique et à laquelle il donne pour formule $C^2KBr(AzO^4)^2$, combinaison formée par le dibromodinitrométhane $C^2Br^2(AzO^4)^2$ ; le composé potassique régénérerait ce dernier par l'action des acides, le brome nécessaire à cette réaction étant fourni, dans une réaction complexe, par la décomposition d'une portion du sel. Le composé obtenu par M. Losanitsch est-il identique avec le mien, et, dans ce cas, appartient-il à la série méthylique ou éthylique? C'est ce que l'analyse chimique peut difficilement décider, les compositions correspondant aux deux formules étant fort voisines. J'ai, du reste, refait mes analyses et trouvé des résultats concordant avec mes premières déterminations. Aussi je pense qu'il est nécessaire, pour fixer d'une manière exacte la constitution de ces composés, d'en étudier les dérivés, et notamment les dérivés de réduction.

M. Losanitsch dit aussi avoir obtenu le même composé en partant du bromure d'éthylène; mais je n'ai pas vu qu'il ait publié ce fait avant ma dernière Communication.

liberté, 49,90 pour 100 de brome, quelques heures plus tard 53,53; le bromure d'éthylène tétranitré en contient 43,48 (¹).

» Cette réaction des acides peut se produire sans dégagement gazeux, si l'on a soin d'opérer à une température suffisamment basse, et il est probable que l'on a ainsi du bromure d'éthylène tétranitré pur. Mais il se produit un dégagement gazeux dès que la température s'élève. L'huile qui reste, traitée par la potasse, régénère le composé jaune, qui paraît être toujours le même et qui se forme en quantité plus ou moins considérable.

» 2. J'ai étudié aussi l'action de l'acide nitrique sur le bromure d'éthylène bromé $C^4H^3Br, Br^2$, en traitant ce dernier par un mélange d'acide sulfurique et d'acide nitrique fumant; mais je n'ai obtenu le même composé qu'avec le bromure d'éthylène, un équivalent de brome étant remplacé par $AzO^4$.

» Il en a été de même avec l'éther bromhydrique $C^4H^5Br$, le brome nécessaire à la production du composé étant fourni par la décomposition initiale d'une portion de l'éther par l'acide azotique.

» 3. J'ai entrepris l'étude des composés de réduction de ce corps. L'amalgame de sodium, ainsi que le zinc en liqueur alcaline, ont déterminé une réduction complète avec formation d'ammoniaque, d'acide bromhydrique et d'acide cyanhydrique :

$$C^4Br^2(AzO^4)^4 + 10H = 2C^2AzH + 2HBr + 2AzH^3.$$

» Avec le sulfhydrate d'ammoniaque, il se forme un certain nombre de composés. Je me bornerai aujourd'hui à décrire le premier produit de son action.

» Si l'on traite par l'acide sulfhydrique gazeux la combinaison potassique du bromure d'éthylène tétranitré, additionnée d'ammoniaque, en présence d'une quantité d'eau insuffisante pour la dissoudre complètement, elle disparaît rapidement et il se dépose du soufre; l'absorption du gaz, d'abord immédiate, se fait ensuite lentement à la température ordinaire, et il faut plus d'un mois pour qu'elle soit complète. Si, au début, on arrête, après quelques instants, l'action de l'acide sulfhydrique, dès que la liqueur prend une coloration brune, on trouve précipité avec le soufre un corps qu'il est facile d'isoler en chauffant le tout légèrement et filtrant. La liqueur l'abandonne après refroidissement à l'état cristallisé.

» Ce corps, qui se présente à l'état de cristaux d'un brun clair, ne contient

(¹) Le composé $C^2Br^2(AzO^4)^2$ de M. Losanitsch en contient 60,61 pour 100.

plus de brome; sa composition répond à la formule $C^4K^2(AzO^4)^4$, ainsi que le montrent les résultats suivants de l'analyse :

| | Trouvé. | Calculé. |
|---|---|---|
| C | 8,50 | 8,39 |
| Az | 19,75 | 19,58 |
| K | 27,04 | 27,27 |
| H | 0,12 | 0,00 |

» L'action de l'acide sulfhydrique consiste donc, au début, à enlever le brome à l'état d'acide bromhydrique, pendant que le potassium de la potasse se fixe sur le carbone, pour former un corps dérivé de l'hydrure d'éthylène tétranitré par la substitution du potassium à l'hydrogène, d'après l'équation

$$C^4Br^2(AzO^4)^4\,2KOHO + 4HS = C^4K^2(AzO^4)^4 + 2HBr + 4HO + 4S.$$

» Ce composé, chauffé légèrement, décrépite à une température inférieure à 100°, en se réduisant en poudre sans changer de constitution. La même transformation moléculaire se produit en quelques jours dès la température ordinaire. Il détone violemment vers 200°.

» L'action des acides est différente de celle qu'ils produisent sur la combinaison du bromure d'éthylène tétranitré avec la potasse. Tandis, en effet, que cette dernière est comparable à un sel et se dédouble en potasse et bromure d'éthylène tétranitré, le premier subit une décomposition complète, que les acides soient étendus ou dilués. La décomposition se fait avec une violente explosion, même avec des acides fort dilués, et j'ai été assez sérieusement blessé, pendant le cours d'une analyse, par l'explosion produite par $0^{gr},3$ de matière. Les produits gazeux de la décomposition ont une légère odeur d'acide cyanhydrique.

» Je me propose de décrire prochainement les produits de l'action ultérieure de l'acide sulfhydrique. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de l'hexylène mannitique.* Note de M. L. Henry, présentée par M. Wurtz.

« L'étude comparative que j'ai faite, dans ces derniers temps, de certains oxydes $C^6H^{12}$-O glycoliques, m'a fourni l'occasion de revenir sur les dérivés de l'hexylène mannitique, groupe encore si peu riche aujourd'hui.

» 1° *Monochlorhydrine hexylénique* $C^6H^{12}\begin{matrix}\diagup OH \\ \diagdown Cl\end{matrix}$. — Elle résulte, soit de l'addition de l'acide hypochloreux à l'hexylène, soit de l'addition de l'acide chlorhydrique à l'oxyde d'hexylène.

» La première réaction a été réalisée récemment par M. Domac. Contrairement aux indications de ce chimiste, cette monochlorhydrine $C^6H^{12}=(OH)Cl$ bout vers 170°; sa densité à 11° est égale à 1,018.

» Après l'addition de l'acide hypochloreux, M. Domac n'a pas détruit par l'hydrogène sulfuré (du moins il ne le dit pas dans son Mémoire) les composés mercuriels renfermés dans le produit immédiat; or c'est là une manipulation indispensable.

» L'acide chlorhydrique aqueux s'ajoute vivement à l'oxyde d'hexylène : la chlorhydrine qui en résulte surnage; on la dessèche à l'aide du carbonate potassique. Elle ressemble extérieurement en tous points à la monochlorhydrine $C^6H^{12}(OH)Cl$ *hypochloreuse*. C'est un liquide quelque peu visqueux, parfaitement incolore, d'une odeur fraîche *sui generis*, d'une saveur très piquante et douceâtre; insoluble dans l'eau. Sa densité à 11° est égale à 1,0143; elle bout sans décomposition à 170°-171° sous la pression de $761^{mm}$.

» Un mot sur la constitution de ces monochlorhydrines.

» L'hexylène mannitique étant

$$CH^3-CH=CH-CH^2-CH^2-CH^3,$$

comme le prouve la nature de ses produits d'oxydation, deux monochlorhydrines isomères lui correspondent, savoir

(α) $CH^3-CH(OH)-CHCl-CH^2-CH^2CH^3$,
(β) $CH^3-CHCl-CH(OH)-CH^2-CH^2-CH^3$.

» M. Domac a prouvé que la monochlorhydrine *hypochloreuse*

$$C^6H^{12}+(OH)Cl$$

est le composé (α). Je suis porté à croire que son isomère, la chlorhydrine chlorhydrique, possède la constitution (β).

» *Monobromhydrine hexylénique* $C^6H^{12}(OH)Br$. — Elle résulte de l'action de l'acide bromhydrique liquide sur l'oxyde d'hexylène.

» Elle constitue un liquide incolore, mais jaunissant à la longue; quelque peu visqueux, d'une odeur fraîche et piquante à la fois, d'une sa-

veur piquante; elle est insoluble dans l'eau et plus dense que celle-ci; à 11°, sa densité est 1,2959.

» Elle bout sans décomposition sous la pression de 769^mm à 188°-190°.

» Ce corps répond vraisemblablement à la formule

$$CH^3-CHBr-CH(OH)-C^3H^7.$$

» *Monoiodhydrine hexylénique* $C^6H^{12}(OH)I$. — Elle résulte de l'acide iodhydrique, en solution dans l'eau, sur l'oxyde hexylénique. Elle constitue un liquide incolore, mais se colorant rapidement en brun à la lumière, insoluble dans l'eau et beaucoup plus dense que celle-ci. Elle n'est pas distillable.

» *Acétochlorhydrine hexylénique* $C^6H^{12}\left\langle\begin{matrix}C^2H^3O^2\\Cl\end{matrix}\right.$. — Elle résulte de l'action du chlorure d'acétyle sur la monochlorhydrine; il est nécessaire d'activer la réaction par un léger échauffement.

» C'est un liquide incolore, d'une odeur fraîche, bouillant vers 188°-190°; insoluble dans l'eau, d'une densité 1,04 à 6°.

» *Dérivés nitriques. Chloronitrine hexylénique* $C^6H^{12}\left\langle\begin{matrix}Cl\\NO^3\end{matrix}\right.$. *Dinitrine hexylénique* $C^6H^{12}\left\langle\begin{matrix}NO^3\\NO^3\end{matrix}\right.$. — On obtient aisément ces composés en introduisant petit à petit, dans le mélange des acides azotique et sulfurique, maintenu dans l'eau froide, la monochlorhydrine hexylénique et l'oxyde d'hexylène. La réaction s'établit paisiblement; les produits nitriques viennent surnager. On continue l'opération suivant la méthode connue.

» Ces corps sont des liquides incolores, insolubles dans l'eau et plus denses qu'elle, d'une odeur faible particulière, non distillables, présentant les propriétés ordinaires des dérivés nitriques en général, aisément combustibles.

» *Bichlorure d'hexylène* $C^6H^{12}Cl^2$. — Ce corps a été obtenu comme produit accessoire de la préparation de la monochlorhydrine hexylénique, par l'addition de l'acide hypochloreux à l'hexylène.

» Ce bichlorure ne peut guère être séparé par distillation de la monochlorhydrine; il a formé le résidu de l'action sur celle-ci de la potasse caustique, action réalisée dans le but d'obtenir l'oxyde $C^6H^{12}O$.

» Il résulte également de l'action du pentachlorure de phosphore sur l'oxyde d'hexylène. Il constitue un liquide incolore mobile, d'une parfaite limpidité, inaltérable à la lumière, d'une faible odeur poivrée, d'une saveur

amère et douceâtre. Il bout sans altération aucune à 162°-165°, sous la pression de 764$^{mm}$.

» Sa densité à 11° est 1,0527. On peut le distiller sur la potasse caustique pulvérulente, sans lui faire subir de modification.

» *Hexylène monochloré* $C^6H^{11}Cl$. — Il résulte de l'action de la potasse caustique dissoute dans l'alcool en solution aussi concentrée que possible sur le bichlorure $C^6H^{11}Cl^2$. La quantité d'hexylène $C^6H^{10}$ qui se forme dans ces conditions est très faible.

» L'hexylène monochloré constitue un liquide incolore, mobile, très léger, inaltérable à l'air, d'une odeur étrange, désagréable, d'une saveur piquante. Il est insoluble dans l'eau, qu'il surnage; sa densité est, à 11°, égale à 0,9036. Il bout, sous la pression de 768$^{mm}$, à 122°; sa densité de vapeur a été trouvée égale à 4,02; la densité calculée est 4,09.

» *Acétone hexylénique* $C^6H^{12}O$. — Elle résulte de l'action de l'acide sulfurique sur l'hexylène monochloré. La réaction est nette et donne lieu à un dégagement d'acide chlorhydrique. Le rendement est satisfaisant.

» L'acétone hexylénique constitue un liquide mobile, incolore, d'une agréable odeur poivrée, rappelant la menthe, d'une saveur très piquante.

» Elle est insoluble dans l'eau, au-dessus de laquelle elle surnage; sa densité, à 11°, est 0,8343. Elle bout, sous la pression de 753$^{mm}$, à 125°. Sa densité de vapeur a été trouvée égale à 3,45; la densité calculée est également 3,45. Le pentachlorure de phosphore ne l'attaque que sous l'action de la chaleur.

» Quant à sa constitution, elle dépend naturellement de celle de l'hexylène monochloré, qui en est l'origine; la position du chaînon acétonique $\overset{|}{\underset{|}{C}}O$ est celle du chaînon $\overset{|}{\underset{\|}{C}}Cl$. Je manque, en ce moment, d'éléments pour la déterminer.

» Les corps signalés dans cette Note ont été analysés. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits dérivés de la fermentation bactérienne des albuminoïdes*. Note de MM. **Arm. Gautier** et **A. Étard**, présentée par M. Wurtz.

« Nous avons montré (*Comptes rendus*, t. XCIV, p. 1357 et 1598) par quel mécanisme général les ferments putrides, procédant par simple hydratation, dédoublent les matières albuminoïdes et font apparaître les noyaux multiples de ces substances complexes sous forme de leucines,

glucoprotéines, acides azotés et non azotés, phénol, scatol, indol, tyrosine, triméthylamine, ammoniaque et ptomaïnes.

» La marche que nous avions suivie pour séparer ces derniers corps en quantité suffisante et la détermination de leurs points d'ébullition, de leur composition et de quelques-unes de leurs propriétés génériques ont été déjà données par nous dans ce Recueil. Il résulte des recherches que nous avons poursuivies depuis, que, quelles que soient la matière albuminoïde qui se putréfie et, jusqu'à un certain point, la variété du ferment putride, les ptomaïnes principales, qu'elles soient dérivées de la chair des divers mammifères, des chairs de poisson et de mollusques, de l'albumine d'œufs, etc., sont constantes de propriétés et de composition.

» La méthode qui nous a servi depuis nos dernières publications pour extraire ces alcaloïdes et séparer les produits les plus importants qui les accompagnent ayant été simplifiée, nous allons la décrire en quelques mots.

» Les matières putrides, liquides et solides, sont distillées dans le vide à basse température. La liqueur distillée (A) contient une abondante quantité de carbonate d'ammoniaque, le phénol, le scatol, la triméthylamine et les acides gras volatils. Le résidu de cette distillation est successivement épuisé par l'éther et par l'alcool.

» L'épuisement (B) par l'éther sépare les ptomaïnes, ainsi qu'une abondante quantité d'un acide gras, en même temps que ce dissolvant (qui dans ces conditions ne s'émulsionne pas) se charge de paillettes blanches nacrées, brillantes, très légères, qui forment bientôt une couche sur les filtres de papier.

» L'épuisement (C) à l'alcool sépare le reste des acides gras et les corps azotés, acides et neutres, presque tous cristallisables.

» Le résidu insoluble bouilli avec de l'acide chlorhydrique faible à l'abri de l'air donne, après évaporation, une nouvelle solution alcoolique (D), que les acétate et sous-acétate plombiques séparent en deux parties principales.

» On divise ainsi très rapidement les produits complexes de la putréfaction en quatre parts (A), (B), (C), (D).

» La liqueur éthérée (B), étant distillée, donne comme résidu une huile brune qui ne tarde pas à laisser cristalliser un acide gras très abondant sur lequel nous reviendrons. Les eaux-mères séparées de ce produit sont traitées par de l'acide sulfurique faible, qui dissout les alcaloïdes et précipite le restant de l'acide. La liqueur filtrée, additionnée de potasse et agitée avec l'éther, cède à ce dissolvant des ptomaïnes à odeur de seringa. On trans-

forme ces bases en chloroplatinates, à froid et sans excès de chlorure; on obtient ainsi un précipité qu'on lave rapidement et une liqueur qui cristallise par évaporation.

» Le chloroplatinate de la ptomaïne ainsi précipitée, extraite de la viande de bœuf qui avait été abandonnée un an à la putréfaction dans des tonnelets de chêne, avait la composition : C = 29,76; H = 4,58; Az = 4,07; Pt = 29,0. La théorie $(C^8H^{13}Az,HCl)^2PtCl^4$ veut C = 29,3; H = 4,2; Az = 4,2; Pt = 29,7.

» Ce chloroplatinate, par sa composition comme par ses propriétés, est identique à celui de la base que nous avions précédemment extraite de la viande de poisson (*Comptes rendus*, t. XCIV, p. 1601). C'est une hydrocollidine.

» Le chloroplatinate plus soluble, cristallisé des eaux-mères, était jaune légèrement carné. Il s'altérait à 100° en dégageant l'odeur d'aubépine de son alcaloïde. Ce corps a donné à l'analyse les nombres suivants : C = 28,73; H = 5,81; Az = 7,19; Pt = 27,93. L'altération subie à 100° et son homogénéité douteuse nous empêchent de lui attribuer une formule définitive.

» On a dit que la solution éthérée (B), en même temps qu'elle se chargeait d'un acide gras abondant et cristallisable sur lequel nous reviendrons, laissait déposer des paillettes légères, nacrées, brillantes. Elles ont été recueillies sur les filtres. Elles constituent le sel de chaux d'un acide amidostéarique (*leucine stéarique*) $C^{18}H^{35}(AzH^2)O^2$. Ce sel calcaire, presque insoluble dans tous les dissolvants, après avoir été plusieurs fois cristallisé dans l'alcool bouillant qui le dissout un peu, a été soumis à l'analyse. On a trouvé :

C = 67,10 et 67,4; H = 11,5 et 11,6; Az = 4,1; Ca = 6,5.

La théorie pour $[C^{18}H^{35}(AzH^2)O^2]^2Ca$ veut

C = 67,8; H = 11,30; Az = 4,40; Ca = 6,28; O = 10,06.

L'acide amidostéarique lui-même peut être mis en liberté par l'acide chlorhydrique : c'est un acide insoluble dans l'eau à laquelle il surnage quand il est fondu, très soluble dans l'alcool chaud, peu soluble à froid dans ce dissolvant où il cristallise en aiguilles mamelonnées. Il fond à 63°. Quand on chauffe cet acide vers la température de 140°, il paraît perdre une molécule d'eau et donner l'anhydride $C^{18}H^{35}AzO$, comme le montre l'analyse suivante : C = 76,70; H = 13,21. La théorie pour $C^{18}H^{35}AzO$ veut C = 76,86; H = 12,40.

» Dans le cas de la viande de poisson, de même que pour la viande de bœuf, lors de l'épuisement éthéré (B), on obtient une substance nacrée mécaniquement entraînée en raison de sa légèreté. Cette substance cristallise aisément dans l'alcool chaud : elle est insoluble dans l'eau et les acides. C'est aussi un acide amidé, soluble dans la potasse. Les acides minéraux séparent l'acide de ce sel. Il correspond à la formule $C^8H^{20}Az^2O^3$. Voici son analyse :

$$C = 49{,}90; \quad H = 10{,}24; \quad Az = 15{,}60.$$

Théorie pour $C^8H^{20}Az^2O^3$ :

$$C = 50{,}0; \quad H = 10{,}4; \quad Az = 14{,}7.$$

» Fondu avec la potasse, ce corps dégage de l'ammoniaque et donne un mélange de caprylate, caproate et acétate alcalins :

$$C^8H^{20}Az^2O^3 + 2KHO = C^6H^{11}KO^2 + C^2H^3KO^2 + 2AzH^3 + H^2O.$$

» La majeure partie des leucines et leucoprotéines contenues dans les produits putrides se retrouve dans la solution alcoolique (C). Celle-ci étant évaporée laisse, par les acides minéraux, se séparer une couche huileuse formée surtout d'acides gras desquels on reparlera plus tard. La liqueur aqueuse que ces acides surnagent, fortement concentrée et reprise par l'alcool bouillant, donne par cristallisation les corps amidés, leucines et leucéines, en $C^5$ et $C^6$ en particulier. Dans le cas de la viande de poisson, on obtient principalement une substance blanche, assez soluble dans l'eau, douceâtre, cristallisant en lamelles rhomboïdes assez aisément sublimables, répondant à la formule $C^{11}H^{26}Az^2O^6$. Cette substance, par ses propriétés et sa composition, se comporte comme l'hydrate d'une glucoprotéine $C^{11}H^{22}Az^2O^4$ que M. Schützenberger a retiré des produits de la décomposition de l'albumine par la baryte. Voici son analyse : $C = 46{,}1$ ; $H = 9{,}21$; $Az = 10{,}2$. La théorie pour $C^{11}H^{26}Az^2O^6$ veut : $C = 46{,}7$; $H = 9{,}2$; $Az = 9{,}9$.

» C'est un corps jouissant des propriétés générales des acides amidés, soluble dans les alcalis faibles, et qui, fondu avec la potasse très concentrée, donne, avec dégagement d'hydrogène et d'ammoniaque, des carbonate, butyrate et valérate potassiques :

$$C^{11}H^{26}Az^2O^6 + 6KOH$$
$$= C^5H^9KO^2 + C^4H^7KO^2 + 2CO^3K^2 + 2AzH^3 + 2H^2O + H^6,$$

en même temps qu'une portion se dédouble en leucines et leucéines correspondantes.

» Distillé avec du sable au bain d'huile vers 280°, le corps $C^{11}H^{26}Az^{2}O^{6}$ donne une amylamine $C^{5}H^{13}Az$ bouillant à 92°-93°, qui se forme probablement d'après l'équation

$$C^{11}H^{26}Az^{2}O^{6} = \underbrace{C^{5}H^{13}Az}_{\text{Amylamine.}} + \underbrace{C^{5}H^{9}AzO^{2}}_{\text{Leucéine valérique.}} + CO^{2} + 2H^{2}O.$$

» Dans une prochaine Note, nous ferons connaître les acides nombreux qui, combinés à l'ammoniaque, accompagnent les corps précédents. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la prétendue transformation de la brucine en strychnine.* Note de M. **Hanriot**, présentée par M. Wurtz.

« Sonnenschein avait annoncé, en 1875 (*Deutsch. chem. Gesellsch.*, t. VIII, p. 212), que lorsque l'on chauffe doucement de la brucine avec de l'acide azotique étendu, il se dégage du gaz carbonique, tandis que la solution renferme une résine jaunâtre et de la strychnine que l'on peut en extraire en la saturant par la potasse et épuisant par l'éther.

» On sait, d'autre part, d'après Laurent et Gerhardt et d'après Hofmann, qu'il se forme dans cette réaction de l'azotite de méthyle et une base nitrée, la cacothéline. L'identité de la résine jaune obtenue par Sonnenschein avec cette dernière était évidente; j'ai cherché à vérifier l'existence de la strychnine parmi les produits de la réaction.

» Or, en opérant exactement comme l'a indiqué Sonnenschein, mais sur de la brucine purifiée, je n'ai pu obtenir trace de strychnine qui, comme on le sait, a cependant une réaction qualitative extrêmement sensible; je crois que la strychnine retrouvée par cet auteur préexistait dans sa brucine incomplètement purifiée.

» J'ai en effet constaté que, lorsque la brucine contient une quantité même considérable, moitié par exemple de strychnine, cette dernière ne peut plus être décelée par sa réaction ordinaire, de sorte qu'il ne suffit pas d'essayer une brucine par la réaction de l'acide sulfurique et du bichromate de potassium pour en conclure qu'elle ne contient pas de strychnine.

» J'ai alors traité un mélange de brucine (2 parties) et de strychnine (1 partie) comme l'a indiqué Sonnenschein, et j'ai pu facilement y retrouver la strychnine, qui manifeste sa réaction dès que la brucine a été détruite par l'acide azotique; ou plus simplement, si l'on abandonne dans

un verre de montre la solution sulfurique du mélange des deux bases avec une goutte d'acide nitrique, on peut y déceler la strychnine au bout de deux heures. Un grand nombre de substances sont ainsi capables de masquer la réaction de la strychnine; je citerai la morphine, la quinine, l'alcool méthylique, bien que ce dernier corps agisse plus faiblement.

» On voit que la recherche de la strychnine dans la brucine présente une certaine difficulté; or, comme on assigne à la brucine des propriétés physiologiques qui rappellent celles de la strychnine atténuées, il y a lieu de se demander si les brucines essayées jusqu'à ce jour étaient véritablement exemptes de strychnine; je m'occupe actuellement de cette purification. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la chaleur de combustion de la houille.* Note de M. **Scheurer-Kestner**, présentée par M. Wurtz.

« Les résultats que nous avons eu l'honneur, M. Meunier-Dollfus et moi, de communiquer à l'Académie en 1868, 1867, 1871 et 1873 ([1]), sur la chaleur de combustion de la houille, ont été contestés par MM. Bunte et Stohmann. D'après eux, le nombre des calories développées par la combustion de la houille n'atteindrait pas celui que nous avons constaté dans nos expériences, en nous servant de l'excellent appareil de MM. Favre et Silbermann.

» M. Bunte ([2]), directeur de la station des recherches de Munich, a fait usage d'un appareil qui, suivant son auteur, devait servir à la fois de calorimètre et de chaudière pratique. Les expériences y ont été faites sur des quantités considérables de combustible, si on le considère comme un calorimètre (jusqu'à $50^{kg}$ de houille brûlée par heure). Elles ont porté, au contraire, sur une quantité très petite de houille, si on le considère comme une chaudière à vapeur.

» Son appareil soulève bien des critiques; mais elles deviennent inutiles par l'examen des nombres donnés par M. Bunte lui-même. Il est regrettable qu'il n'en ait pas déterminé la valeur par la combustion préalable d'une substance dont la chaleur de combustion est connue, comme le charbon de bois, par exemple.

---

([1]) *Comptes rendus*, t. LXVI, p. 1047, septembre 1868, novembre 1868, août 1869, octobre 1871, décembre 1871, décembre 1873.

([2]) *Recherches sur la chaleur de combustion et le pouvoir calorifique pratique de différentes espèces de combustibles.* Munich, trois fascicules, 1879, 1881 et 1882.

» A défaut d'une combustion de charbon de bois, on trouve, dans les expériences de M. Bunte, quelques mesures de la chaleur de combustion du coke. Elles sont moins probantes, car le coke renferme, outre le carbone, de l'hydrogène, de l'azote et de l'oxygène dont la présence jette quelque incertitude dans les calculs; mais l'écart entre la probabilité et le résultat est si considérable qu'il fournit la preuve de l'imperfection de l'appareil employé. M. Bunte y a encore ajouté l'emploi d'une méthode défectueuse qui lui a souvent caché le sens vrai des résultats obtenus. Non seulement il n'a pas ramené les données de ses expériences à la houille pure, c'est-à-dire à la houille sèche et sans cendres, mais il a constamment comparé les nombres donnés par la houille brute (et par conséquent de composition variable) au calcul fait d'après un autre échantillon analysé et dont bien souvent la composition était très éloignée de celle du combustible brûlé dans le calorimètre ([1]). Les comparaisons ont été faites entre des choses qui n'étaient pas comparables.

» Voici l'analyse du coke dont M. Bunte a déterminé le pouvoir calorifique :

| | |
|---|---|
| Carbone | 88,98 |
| Hydrogène | 0,71 |
| Cendres | 7,91 |
| Eau | 1,33 |
| Oxygène par différence | 1,07 |
| | 100,00 |

Calcul de la chaleur de combustion selon Dulong ([2]) : 7390$^{cal}$. M. Bunte a trouvé, dans quatre expériences, 7199, 7235, 7434 et 7183. Le calcul rectifié donne les nombres suivants :

| Coke pur. | Calories suivant le calcul de Dulong. | Calories observées. | Différences. |
|---|---|---|---|
| I | 8142 | 7796 | — 346 |
| II | | 8035 | — 107 |
| III | | 8024 | — 118 |
| IV | | 7751 | — 391 |

([1]) On a peine à croire à de pareilles erreurs ou omissions lorsqu'on voit l'auteur lui-même faire remarquer qu'il est impossible d'avoir des prises d'essai homogènes, et qu'il y a souvent quelques centièmes de différence dans les cendres.

([2]) M. Bunte comprend sous la rubrique oxygène l'azote aussi. Or M. Foster vient de montrer que le coke renferme quelquefois 0,5 d'azote pour 100, ce qui augmenterait encore de 25$^{cal}$ la chaleur de combustion calculée.

» Ainsi, non seulement il manque jusqu'à $391^{cal}$, mais les expériences présentent entre elles des différences de plus de 3 pour 100.

» Il n'est pas étonnant, après cela, que M. Bunte ait trouvé pour les houilles des nombres inférieurs aux nôtres; et néanmoins il s'est trompé quand il a affirmé n'avoir jamais obtenu de chaleur de combustion atteignant et surtout dépassant la somme de l'addition de la chaleur de combustion des éléments; car il est une, au moins, des espèces de houille expérimentées par M. Bunte qui a donné ce résultat. Seulement ce résultat est resté caché à M. Bunte par suite de la méthode défectueuse qu'il a employée. Il indique pour une houille de la Ruhr :

*Houille brute :*

| | |
|---|---|
| Calories observées | 8037 |
| Addition de la chaleur de combustion des éléments | 8045 |
| Différence en moins | 8 |

» Ces deux nombres se rapportent à la houille brute. Or le second provient d'une prise d'essai qui a donné 6,04 pour 100 de cendres et le premier a été calculé sur une prise d'essai qui a produit 11,20 pour 100 de cendres, différence dont M. Bunte n'a tenu aucun compte.

» En rectifiant par le calcul les nombres qui précèdent, on obtient :

*Houille pure :*

| | |
|---|---|
| Calories observées | 9369 |
| Calcul | 9014 |
| Différence en plus | 355 |

M. Bunte, qui croyait avoir trouvé, à $8^{cal}$ près, la chaleur de combustion calculée, en a observé, en réalité, 355 de plus.

» Postérieurement à ses expériences, M. Bunte a fait connaître des essais calorimétriques, entrepris sur plusieurs espèces de houille par M. Stohmann ([1]), au moyen d'un appareil dans lequel la substance est brûlée par le chlorate de potassium. C'est le système de Frankland légèrement modifié et auquel M. Stohmann pense avoir apporté les corrections suffisantes pour en rendre les données exactes. Les nombres de M. Stohmann, cités par M. Bunte, s'appliquent à la houille brute, sans aucune indication concernant sa composition; ils n'ont réellement aucune valeur

---

([1]) M. Stohmann a décrit son calorimètre dans le *Journal für praktische Chemie*, 1879, t. XIX, p. 115.

comparative. Du reste, l'appareil de M. Stohmann ne permet ni le dosage des cendres, ni l'analyse des gaz de la combustion, ni la mesure de leur température à leur sortie du calorimètre; il n'est donc pas applicable à la mesure calorimétrique de la chaleur de combustion de la houille, dont il est absolument indispensable de connaître la teneur en cendres dans la prise d'essai même qui a servi à l'expérience calorimétrique.

» MM. Bunte et Stohmann ayant constaté que les expériences faites avec leurs appareils ont donné des résultats inférieurs aux nôtres, en ont conclu que nos nombres sont trop élevés, sans discuter ni l'appareil ni la méthode dont nous avons fait usage; M. Bunte a changé méthode et appareil, sans même s'assurer, par la combustion de substances connues au point de vue de leur chaleur de combustion, si la voie suivie par lui pouvait le conduire au résultat recherché. Je suis donc autorisé à maintenir les conclusions que M. Meunier-Dollfus et moi nous avons tirées de nos expériences et à regarder comme exacts les nombres par lesquels nous avons représenté la chaleur de combustion des houilles que nous avons expérimentées. »

PHYSIOLOGIE. — *Propriétés physiologiques de l'écorce du* Doundaké *et de la* doundakine. Note de MM. **Bochefontaine**, **B. Féris** et **Marcus** [1], présentée par M. Vulpian.

« Le Doundaké est un arbrisseau (Rubiacée?) de la côte occidentale d'Afrique; son écorce, employée empiriquement comme fébrifuge par les indigènes du Rio-Nuñez, est rouge orangé, d'une saveur fortement amère, et formée de lamelles superposées qui se détachent facilement les unes d'avec les autres. M. Engel a soupçonné la présence d'un alcaloïde dans l'écorce, où Venturini a cru trouver de la *salicine*.

» Nous devons à l'obligeance de M. Corre une certaine quantité d'écorce du Doundaké, dont nous avons pu isoler une base organique par le procédé suivant :

» L'écorce pulvérisée est soumise à la décoction dans l'eau acidulée par l'acide sulfurique. Le liquide filtré est traité par la chaux. Le précipité est recueilli sur une toile, égoutté et comprimé; le tourteau séché est épuisé par l'alcool au bain-marie. La solution alcoolique, concentrée par distillation, puis évaporée dans le vide, abandonne une substance que l'on purifie par de nouvelles évaporations.

---

(1) Travail du laboratoire de M. Vulpian, à la Faculté de Médecine.

» On obtient ainsi une poudre jaunâtre, formée de cristaux rhomboédriques visibles au microscope. Cette substance, d'un goût amer, soluble dans l'eau et dans l'alcool, possède une réaction alcaline. Elle précipite par la liqueur de Winkler les acides phosphotungstique et phosphomolybdique, mais elle ne se trouble pas au contact du réactif de Bouchardat. On peut, croyons-nous, la classer parmi les alcaloïdes et lui donner le nom de *doundakine*.

» C'est en vain que nous avons recherché la salicine dans l'écorce du Doundaké.

» Nous avons étudié les propriétés physiologiques de l'écorce du Doundaké avec des extraits hydro-alcooliques et avec la doundakine, sur des Batraciens et des Mammifères.

» Chez la grenouille, l'injection hypodermique d'une quantité d'extrait représentant $2^{gr}$ d'écorce détermine la mort au bout de trente-six heures. Chez un jeune cobaye de $100^{gr}$, l'extrait de $1^{gr}$ d'écorce entraîne la mort après quinze minutes.

» $0^{gr},008$ de doundakine, soit $2^{gr}$ d'écorce, ont tué une grenouille dans l'espace de vingt-six minutes. Un cobaye de $700^{gr}$ a succombé dans l'espace de vingt-quatre heures à l'injection hypodermique de $0^{gr},034$ de doundakine.

» Les effets physiologiques produits par les extraits d'écorce de Doundaké et par la doundakine sont identiques et peuvent être résumés ainsi :

» *Première période.* — Chez la grenouille, au bout de deux à cinq minutes, on constate un peu d'affaiblissement général, la diminution des mouvements spontanés et réflexes; bientôt l'animal est incapable de reprendre son attitude normale. A ce moment, il garde la position que lui donne l'expérimentateur, si bizarre et anormale qu'elle puisse être. Ainsi, on place une grenouille sur l'épaule et la cuisse d'un côté, le bras du côté opposé restant en l'air; on l'assied sur le train postérieur, tout le corps dressé portant surtout sur la cuisse d'un côté; on appuie un de ses membres supérieurs sur une petite béquille et on lui joint les doigts : l'animal conserve indifféremment l'une ou l'autre de ces attitudes pendant un temps qui peut aller jusqu'à vingt-quatre heures. Cependant, la contractilité musculaire ainsi que l'excitomotricité nerveuse sont conservées et les battements du cœur ne sont pas sensiblement modifiés.

» *Deuxième période.* — Cette première période est fatalement suivie d'une seconde dans laquelle l'état particulier qui vient d'être décrit disparaît pour faire place à une résolution complète. Les mouvements respiratoires sont irréguliers, puis intermittents; ils deviennent très lents et s'arrêtent, tandis que les battements du cœur un peu ralentis sont réguliers. Les mouvements réflexes sont abolis progressivement, enfin le cœur cesse de battre.

» Si l'on répète la même expérience sur des grenouilles dont on a enlevé l'encéphale, on obtient les mêmes résultats. Si, au contraire, on a sectionné

préalablement la moelle épinière au niveau du bec du calamus, la grenouille meurt sans avoir présenté aucun phénomène de catalepsie.

» Chez le cobaye, on observe d'abord les mêmes phénomènes que chez la grenouille, puis l'état que nous avons décrit sous le nom de *cataleptique,* mais beaucoup moins accusé et moins persistant. Il survient aussi quelquefois de petits mouvements convulsifs. Le fait capital de l'intoxication est le ralentissement progressif et l'arrêt de la respiration qui se produisent alors que les battements du cœur sont parfaitement réguliers. Enfin le cœur s'arrête peu à peu et l'animal meurt.

» Chez le chien, on a fait des injections intraveineuses de solutions d'extrait représentant $50^{gr}$ d'écorce de Doundaké. Les tracés hémodynamométriques ont indiqué tout d'abord un abaissement brusque de la pression sanguine intra-artérielle avec ralentissement du pouls ; ensuite une pression au-dessus de la normale avec accélération des systoles cardiaques; enfin une diminution graduelle de plusieurs centimètres de mercure pendant laquelle les battements du cœur deviennent irréguliers. Bientôt le cœur est rentré dans l'ordre, et l'animal laissé en liberté a présenté la démarche d'un chien éthérisé. La sensibilité générale est extrêmement affaiblie, presque éteinte; l'animal reste debout sans bouger de place, immobile, pendant une vingtaine de minutes. Si on l'oblige à se coucher, il garde également cette attitude, comme s'il dormait, jusqu'à ce qu'une excitation extérieure le fasse changer de position. Cet état a persisté pendant deux jours, au bout desquels il a diminué peu à peu, pour disparaître quatre jours seulement après l'expérience.

» Nous concluons de ces recherches que l'écorce du Doundaké contient une substance toxique qui exerce plus particulièrement son action physiologique sur la protubérance et le bulbe, pour amener chez la grenouille et le cobaye un certain état qui rappelle la catalepsie. Chez le chien, cet état n'est pas évident : il semble cependant que l'immobilité prolongée de l'animal dans les positions où on le place indique une tendance vers l'état cataleptique ; de sorte que, s'il nous avait été possible d'injecter dans les vaisseaux une plus grande quantité de substance, on aurait sans doute produit les mêmes phénomènes que chez les Batraciens et les Mammifères inférieurs.

» Nous devons encore à M. Corre un échantillon d'un poison de flèches des indigènes du Rio-Nuñez. Les expériences que nous avons faites avec ce poison, sur des grenouilles seulement, ont donné exactement les mêmes résultats qui viennent d'être décrits. Dans quelques cas, on a constaté un

ralentissement notable de la production des mouvements réflexes. Il paraîtrait donc que le poison des flèches contient le principe actif de l'écorce que nous avons étudiée.

» A l'instar des sauvages des rives du Rio-Negro, etc., qui se servent du curare pour la médecine, la chasse et la guerre, les indigènes du Rio-Nuñez emploieraient aux mêmes usages l'extrait d'écorce du Doundaké. »

ANATOMIE ANIMALE. — *Sur les cordons nerveux du pied dans les Haliotides.* Note de M. **H. Wegmann**, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« M. de Lacaze-Duthiers a décrit [1] l'épipodium, partie ainsi appelée par M. Huxley, dans les Haliotides, comme étant une dépendance du manteau. Il est arrivé à ce résultat par des études de morphologie basées sur la loi des connexions. M. Spengel [2], partant d'un autre point de vue et employant exclusivement la méthode des coupes, a obtenu des résultats différents et nie ceux de M. de Lacaze-Duthiers.

» Il s'agissait de savoir de quel côté se trouvait la vérité : s'il existe un nerf spécial pour la collerette (épipodium), alors et alors seulement il sera permis de tirer des conclusions de ce résultat. Voici ce que j'ai vu, à cet égard, sur des préparations souvent répétées.

» Il existe, dans le pied de l'Haliotide, deux gros cordons nerveux, qui naissent sur la face inférieure de la masse ganglionnaire qui renferme à la fois les ganglions pédieux et les ganglions asymétriques (de Lacaze-Duthiers). Ils suivent le pied jusqu'à son extrémité postérieure, où ils se terminent sans s'anastomoser l'un avec l'autre. Chacun de ces nerfs a la forme d'une bandelette sur les côtés de laquelle on observe une strie latérale et longitudinale; à la loupe on voit que cette strie est bien plutôt un sillon. Les deux cordons sont réunis par des commissures dont la première est toujours plus forte que les suivantes. De nombreux nerfs partent de ces troncs.

» Dans la préparation, il arrive assez souvent que le nerf casse. Quelquefois cette rupture accidentelle est heureuse, car elle ne se fait pas dans toute l'épaisseur du nerf et sur le même point, mais il reste souvent une moitié plus courte, une plus longue, ou bien une est seulement cassée, tandis que l'autre continue son trajet. Ce qu'il y a d'intéressant à noter,

---

(1) *Syst. nerv. de l'Haliotide* (*Ann. des Sc. nat.*, 4e série, vol. XII).

(2) *Geruchsorg. u. Nervensyst. der Moll.* (*Zeitschr. für wiss. Zool.*, Bd. 35, p. 343).

c'est que les origines des nerfs collatéraux restent complètement intactes; on les voit sortir de la partie non cassée du tronçon rompu.

» Sur des animaux ayant séjourné dans la liqueur d'Owen pendant un mois ou plus, on peut facilement enlever le névrilème des nerfs en question et alors, avec deux aiguilles, on peut séparer longitudinalement le cordon en deux nerfs suivant le sillon latéral. Cette séparation n'est pas trop difficile et l'on ne déchire pas le nerf longitudinalement. Parfois il arrive que des nerfs naissent latéralement l'un presque en arrière de l'autre et l'on peut écarter leurs origines sans les détruire. Il est donc facile d'avoir des préparations qui démontrent avec évidence l'existence d'un double cordon. D'ailleurs rien ne s'oppose physiologiquement à la réunion sous un seul névrilème de deux nerfs bien distincts, ce qui a été prouvé déjà ailleurs (1).

» Ni l'origine apparente ni la terminaison des cordons ne donnent d'indication précise sur la question : tout ce qu'on peut voir, c'est que les deux nerfs d'un cordon ne changent pas leurs rapports mutuels.

» Voyons les nerfs qui se détachent de ces cordons. On en distingue quatre sortes :

» 1° Les commissures. Il est facile de voir qu'elles naissent sur la partie ventrale des cordons, c'est-à-dire sur la partie située en avant du sillon longitudinal.

» 2° Les nerfs qui se distribuent dans le pied proviennent du bord externe des cordons (face opposée aux origines des commissures), seulement en avant du sillon.

» 3° Nerfs qui se distribuent dans la collerette. Ils tirent leurs origines du bord externe des cordons, en arrière du sillon, par conséquent de sa partie dorsale. Leur distribution est fort remarquable; d'ailleurs personne n'a fait d'objections à ce sujet.

» 4° Enfin on observe sur le bord interne des cordons de petits filets qui naissent également dans la partie dorsale, comme les nerfs précédents. Quoique insignifiants, ils me semblent avoir une certaine valeur au point de vue qui nous occupe. Il est difficile de les suivre jusqu'à leur terminaison; tout ce que j'ai pu constater, c'est qu'ils ne se dirigent pas horizontalement comme les commissures, mais qu'ils ne tardent pas à se porter vers la face dorsale.

» Les origines de ces nerfs fournissent une seconde preuve de l'existence

---

(1) *Archives de Zoologie expérimentale et générale*, 1re série, vol. IX. Notes et revue, p. 41.

d'un double cordon. Admettons en effet pour un moment qu'ils soient simples; ils donneraient chacun quatre ou au moins trois sortes de nerfs, si l'on fait abstraction des petits filets indiqués.

» D'abord les commissures ne sont pas des nerfs ordinaires; elles ne relient que les parties ventrales des cordons.

» Ensuite les nerfs de la collerette me paraissent différer beaucoup de ceux qui se rendent au pied, tant par leur origine que surtout par le mode de leur distribution.

» Si l'on n'admettait qu'un seul tronc, il fournirait dans sa partie ventrale des commissures et des nerfs ordinaires, dans sa partie dorsale des nerfs d'une autre sorte.

» Si l'on aplatit légèrement un de ces cordons entre deux lames de verre, on voit, à un faible grossissement, une bandelette transparente entre deux bandes opaques.

» Voyons maintenant les résultats fournis par les coupes.

» Sur des coupes épaisses pouvant être observées à la loupe, on voit le nerf logé dans un canal, probablement sanguin, présentant une échancrure (sillon) assez profonde sur le bord externe, tandis que sur le bord interne on ne voit pas toujours un sillon bien accusé.

» Sur des coupes moins épaisses, observées à un faible grossissement, on voit de plus le névrilème commun très distinct et dans le prolongement du sillon une trace de séparation en deux parties. Il m'est arrivé de voir ces deux parties réellement séparées dans une série de préparations.

» Mais il faut faire des coupes plus fines encore, et alors on voit, à un grossissement assez fort, la séparation nette en deux parties. Quelquefois il reste un peu du tissu entre les deux, d'autres fois la séparation est complète. On est souvent trompé par l'apparence, parce que les deux moitiés de la coupe du nerf se sont séparées, que, l'une ayant disparu, l'on ne voit plus que celle qui reste.

» Pour moi il n'existe plus aucun doute : il y a deux nerfs dans chacun de ces cordons nerveux du pied, comme l'avait très exactement indiqué M. de Lacaze-Duthiers.

» Telles sont, pour l'explication de la nature de l'épipodium, les preuves que peut fournir le système nerveux; quant à celles qui démontrent qu'il est une dépendance du manteau, elles seront ultérieurement tirées de considérations morphologiques. »

M. DE LACAZE-DUTHIERS, à la suite de cette Communication, fait observer que la méthode qu'il a employée dans ses études morphologiques sur l'Haliotide est tout autre que celle mise en pratique par l'auteur allemand. Il ne s'est point contenté de quelques dissections ou de quelques coupes; il a fait des recherches basées sur les comparaisons et sur les relations qui sont clairement établies, d'une part, entre les nerfs et les cordons qui les fournissent et, d'autre part, entre les nerfs et les parties auxquelles ils se distribuent.

» Il en est de même de toutes les méthodes : elles sont excellentes dans certains cas, mais elles doivent toujours être contrôlées par les comparaisons, par les confirmations *a posteriori*.

» On voit ici un nouvel exemple de ces erreurs auxquelles conduisent des procédés trop absolument et isolément employés.

» La morphologie ne fournit des résultats certains qu'à la condition expresse de s'appuyer d'abord sur les faits anatomiques d'une vérité incontestable, ensuite sur des relations bien établies par des comparaisons nombreuses conduisant à la connaissance des connexions.

» Ce qui avait guidé dans cette détermination de la nature du cordon nerveux courant dans le pied de l'Haliotide et de la valeur morphologique de l'épipodium, c'était un fait qui ne laissait aucun doute : jamais un nerf du ganglion pédieux d'un Gastéropode ne remonte dans le manteau, jamais un nerf du centre asymétrique ne descend dans le pied; ici il y avait deux ordres nerfs, et il fallait conclure qu'il y avait deux ordres de parties ou d'organes.

» Les conclusions de l'auteur allemand Spengel sont erronées, comme l'a démontré M. Wegmann, et l'on doit ajouter qu'elles sont erronées parce qu'elles n'ont pas eu le contrôle morphologique. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les températures de la mer, observées à Concarneau et Douarnenez.* Note de M. GOEZ, présentée par M. Ch. Robin.

« Chargé par M. le Ministre de la Marine de seconder MM. les professeurs Robin et Pouchet dans les études poursuivies au laboratoire de Zoologie et de Physiologie maritimes, créé par Coste à Concarneau, j'ai porté particulièrement mon attention sur la température de la mer au voisinage de la côte.

» Pour les températures du fond, je me suis servi d'un thermomètre Negretti-Zambra (n° 52, thermomètres 268 et 269) à renversement, le

même que M. Pouchet avait employé au cours de sa mission en Laponie. Le zéro avait été vérifié avant la mise en service; l'instrument, quoique d'un modèle ancien, a parfaitement fonctionné. Voici les résultats auxquels je suis arrivé :

» 1° A Concarneau, la température a été observée trois fois par jour ($8^h$, midi, $5^h$) à la surface et sur le fond, à $10^m$ environ.

» A la surface, pendant l'été de 1882, la température moyenne s'est progressivement élevée de + 13° (16 juin) à + 18° (25 juillet), pour retomber presque aussitôt à + 17° où elle se maintint jusqu'au 25 août. Elle descendit alors et finit par se maintenir à + 15° (1er septembre, 8 octobre).

» Les mêmes observations sont reprises dans le même lieu, le 23 mars 1883. La température moyenne, qui est à cette date de + 9°, atteint progressivement + 10° (5 avril) et + 11° (12 mai). Puis elle présente vers le 15 mai une ascension subite corrélative d'un échauffement extraordinaire survenu dans l'atmosphère. Elle reste près d'un mois à + 16° (23 mai, 16 juin), puis subit un léger abaissement.

» 2° Les températures prises en même temps sur le fond, à $10^m$ environ, présentent avec celles de la surface des écarts qui ne dépassent pas en général 2° à 2°,5. Ces écarts peuvent être en plus ou en moins. Les influences locales multiples qui règlent les alternatives ne paraissent pas susceptibles d'être actuellement analysées en dehors de l'influence des saisons.

» 3° Les observations par $30^m$ de fond ont été faites soit dans la baie de Douarnenez, soit dans celle de Concarneau, dont le régime hydrographique est d'ailleurs très différent.

» A Douarnenez, baie complètement fermée, douze sondages pratiqués du 11 décembre 1882 au 3 février 1883, à environ 3 milles de toute terre, en pleine période hivernale, n'ont accusé que des différences insensibles. A la surface, aussi bien que par $30^m$ de fond, le thermomètre accuse la même température de + 10° environ.

» A Concarneau, on a choisi pour lieu d'observation le milieu de la baie, entre la côte et les Iles Glénans, à 3 milles environ de toute terre. A $30^m$, la température pendant l'été est sensiblement inférieure à celle de la surface; l'écart paraît être de 4° et même de 5°. Cette température du fond varie d'autre part avec les saisons. Pendant la période estivale, nous la voyons s'élever de + 10°, 5 environ (commencement d'avril) à + 16°, 2 (mois d'août).

» Nous n'avons pas d'observations correspondant à la période hivernale, mais les observations extrêmes (commencement d'octobre 1882, commencement d'avril 1883) montrent que dans le courant de l'hiver la température du fond doit devenir un peu supérieure à celle de la surface. Il est probable, en vertu même des lois de la Physique, que l'écart en ce sens reste toujours peu considérable. En tous cas, la circulation ascendante que suppose cet état de choses n'est peut-être pas sans influence sur la faune pélagique de la région.

» Cette année en particulier, la température du fond s'est trouvée, dans la première quinzaine de mai, beaucoup plus chaude que la surface, puis, tout à coup, l'inverse s'est produit. Ce changement a coïncidé avec une élévation extraordinaire de la température atmosphérique vers le 15 mai (27° à midi, à l'ombre) :

| | 13 mai 1883. | 21 mai 1883. |
|---|---|---|
| Température de l'air.................. | + 15° | + 22°,7 |
| Température de l'eau à la surface ....... | + 9,1 | + 14,2 |
| Température de l'eau au fond .......... | + 11,7 | + 12,5 |

» Ajoutons que, cette année, l'époque où se produisait l'inversion dont nous parlons a été précisément marquée par l'apparition de la sardine en abondance.

» 4° Nous avons pu pratiquer, le 27 juillet et le 7 août de l'année dernière, deux sondages à 3 milles au sud des îles Glénans, par 60$^{m}$ de fond environ. Comparés à ceux du milieu de la baie (30$^{m}$), ils ont donné :

| | 28 juillet 1882. | 7 août 1882. |
|---|---|---|
| Surface.......................... | 17°,5 | + 18° |
| Fond (30$^{m}$)........................ | 14,3 | + 15,5 |
| Fond (60$^{m}$)........................ | 12,5 | + 12,7 |

» Nous ne voulons, quant à présent, tirer aucune conclusion d'observations aussi peu nombreuses. Nous avons cru toutefois qu'il pouvait être bon d'appeler l'attention sur un ordre de recherches qui paraît avoir été complètement négligé jusqu'à ce jour en France et qui semble cependant de nature à jeter quelque lumière sur les déplacements, au sein de l'Océan, de certaines espèces animales dont l'histoire intéresse à la fois la Biologie et nos pêcheries nationales. »

MICROGRAPHIE. — *Réponse à* M. Certes, *au sujet de la méthode d'examen des corpuscules tenus en suspension dans l'eau.* Extrait d'une Lettre de M. **Eug. Marchand** à M. Dumas.

« M. A. Certes a adressé à l'Académie, dans la séance du 9 juillet, une réclamation de priorité au sujet de la Communication que vous avez bien voulu présenter en mon nom dans la séance précédente, relativement à la présence constante, dans les eaux de toute provenance, de certains organismes non microscopiques dont l'existence avait échappé jusqu'à présent à tous les observateurs. M. Certes assure que mon mode d'examen se rapproche de celui qu'il a indiqué à la Rochelle au mois d'août dernier. Je ne connais son travail que par ce qu'il vient d'en dire : je n'avais pas assisté au Congrès de la Rochelle, et le Volume des actes de cette réunion de savants n'a pas été encore livré à la publicité.

» Il n'y a rien de nouveau, du reste, dans ma méthode d'étude des eaux,

puisqu'elle n'est, comme je l'ai dit, que l'application du procédé employé par M. Tyndall pour constater la pureté optique de l'air. »

La séance est levée à 5 heures un quart. D.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 16 JUILLET 1883.

*Phénomènes dus à l'action de l'atmosphère sur les étoiles filantes, sur les bolides, sur les aérolithes; par* G.-A. HIRN. Paris, Gauthier-Villars, 1883; br. in-8°.

*Traité complet d'analyse chimique appliquée aux essais industriels; par* J. POST, traduit de l'allemand par L. GAUTIER et KIENLEN; fasc. IV, p. 481 à 640. Paris, F. Savy, 1883; in-8°.

Mme CARLA SERENA. *Hommes et choses en Perse.* Paris, G. Charpentier, 1883; 1 vol. in-12.

*Atti dell' Accademia pontificia de' Nuovi Lincei, compilati dal segretario;* anno XXXIV, sessione VIa, del 12 giugno 1881. Roma, 1881; in-4°.

*Bibliotheca historico-naturalis et mathematica. Lager. Catalog von* R. FRIEDLANDER et SON. Berlin, 1883; in-8° relié.

*Bolton's telegraph code compiled by major* FRANCK BOLTON. London, Longmans, Green, Reader et Dyer, 1871; in-4° oblong relié.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 16 juillet 1883.)

Page 157, ligne 6, *au lieu de* $r=1$, $r=2$, $r=3$, *lisez* $k=1$, $k=2$, $k=3$.
Page 157, ligne 9, *au lieu de* (5), *lisez* 5.
Page 157, ligne 10, *au lieu de* $e^{-\frac{2}{r}}$, *lisez* $e^{-\frac{2}{k}}$.